

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**AVALIAÇÃO COMPETITIVA DE USOS DOS RECURSOS
HÍDRICOS EM TRECHOS DE GERENCIAMENTO DE RIO:
ESTRATÉGIA PARA SUBSIDIAR O LICENCIAMENTO
AMBIENTAL**

Tese de Doutorado

Elisandra Maziero

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**AVALIAÇÃO COMPETITIVA DE USOS DOS RECURSOS
HÍDRICOS EM TRECHOS DE GERENCIAMENTO DE RIO:
ESTRATÉGIA PARA SUBSIDIAR O LICENCIAMENTO
AMBIENTAL**

por

Elisandra Maziero

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA, em nível de doutorado, na área de concentração Engenharia de água e Solo, linha de pesquisa manejo e conservação da água e do solo em sistemas agrícolas do Centro de Ciências Rurais – CCR, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM como requisito parcial para obtenção do grau de doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Geraldo Lopes da Silveira

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Maziero, Elisandra
AVALIAÇÃO COMPETITIVA DE USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS
EM TRECHOS DE GERENCIAMENTO DE RIO: ESTRATÉGIA PARA
SUBSIDIAR O LICENCIAMENTO AMBIENTAL / Elisandra Maziero.-
2015.

260 p.; 30cm

Orientador: Geraldo Lopes da Silveira
Coorientador: Jussara Cabral Cruz
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2015

1. Estratégia de outorga. 2. Gestão dos recursos
hídricos 3. Licenciamento ambiental 4. Trecho de vazão
alterada I. Lopes da Silveira, Geraldo II. Cabral Cruz,
Jussara III. Título.

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**AVALIAÇÃO COMPETITIVA DE USOS DOS RECURSOS
HÍDRICOS EM TRECHOS DE GERENCIAMENTO DE RIO:
ESTRATÉGIA PARA SUBSIDIAR O LICENCIAMENTO
AMBIENTAL**

elaborada por

Elisandra Maziero

como requisito parcial para obtenção do grau de

Doutora em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA



Geraldo Lopes da Silveira, Dr. Orientador (UFSM)



José Paulo Soares de Azevedo, PhD. (COPPE/UFRJ)



Galileo Adeli Buriol, PhD. (UNIFRA)



Toshio Nishijima, Dr. (UFSM)



Mario Luiz Trevisan, Dr. (USFM)

Santa Maria, dia 16 de novembro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, gostaria de agradecer à Universidade Federal de Santa Maria, por oportunizar ensino público, gratuito e de qualidade. Agradeço à CAPES, pela bolsa de estudos, a qual foi essencial para proporcionar o desenvolvimento do trabalho. Ao MCT/CT-Hidro/FINEP, pelo financiamento da rede de pesquisa do projeto HidroECO.

À ELETROSUL/Divisão de Engenharia e Projetos de Geração/UHE Passo do São João, pela colaboração com dados para este estudo.

Agradeço, em especial, ao Prof. Geraldo Lopes da Silveira pela orientação, dedicação e confiança. Também à Professora Jussara Cabral Cruz. Os quais tenho como amigos, e que em muitos momentos me receberam em sua casa, inclusive nos finais de semana, para resolvermos sobre esta pesquisa.

Sou muito grata ao meu esposo Alexandre Barin, que esteve sempre ao meu lado com seu amor e carinho. Acompanhou todo o desenvolvimento e os problemas que surgiram durante este trabalho, dando todo o apoio do qual precisei e sempre esteve disposto a ajudar, me inspirando de forma única.

Também gostaria de agradecer a minha família, por apoiarem e acompanharem o meu desenvolvimento intelectual e pessoal.

Carinhosamente, agradeço a todos os colegas do grupo de pesquisa GERHI da UFSM, em especial àqueles que trabalharam na construção deste trabalho e de muitos outros projetos: Marília Tamiosso, Marciano Friedrich, Pedro Pascotini, Alessandro Miola, João Francisco C. Horn, Regis L. da Silva, Romário Carvalho Neto, Damáris G. Padilha, Edner Baunhardt, Josita Monteiro.

Aos novos amigos que fiz durante este período e no curso no PPGEA. Aos colegas e professores do Departamento de Transportes e do Departamento de Expressão gráfica da UFSM, que demonstraram entusiasmo com a minha realização.

Finalmente a todos os que de certa forma contribuíram, com o apoio e a confiança de que o compromisso assumido com a tese foi de fato concreto.

RESUMO

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

AVALIAÇÃO COMPETITIVA DE USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS EM TRECHOS DE GERENCIAMENTO DE RIO: ESTRATÉGIA PARA SUBSIDIAR O LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Autora: Elisandra Maziero

Orientador: Geraldo Lopes da Silveira

Local e Data da Apresentação: Santa Maria, 16 de Novembro de 2015.

A água é limitada e requer uma gestão apropriada para garantir seu aproveitamento, ponderando gerações futuras, bem como o desenvolvimento socioeconômico. Em um trecho de rio com usos múltiplos, alguns casos podem configurar um conflito entre os usuários. Entre os usos competitivos em um trecho de rio destacam-se a geração de energia hidrelétrica, a irrigação e a diluição das cargas urbanas. Além do uso para garantir o equilíbrio do ambiente. Na geração hidrelétrica a água é geralmente represada e/ou desviada de seu curso original resultando em um trecho de vazões alteradas. Na irrigação a água utilizada depende da demanda hídrica da planta e das condições climatológicas da região, sendo a produtividade da lavoura diretamente relacionada à disponibilidade hídrica. No uso da água para diluição de cargas de esgoto urbano as condições de tratamento deste esgoto são muitas vezes precárias ou inexistentes, refletindo nos valores de vazões para a diluição. O trabalho proposto apresenta um método para quantificar os impactos entre os usos competitivos da água em um trecho de rio com as vazões alteradas devido a um empreendimento de geração hidrelétrica. Considerou-se como objeto do estudo o trecho de vazões alteradas pela usina hidrelétrica Passo São João, no Rio Ijuí, localizado na região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Para avaliar a competitividade entre diversos usuários da água neste trecho foram simulados cenários hipotéticos considerando demandas para irrigação da soja e do milho com captação da água no rio, e demandas para a diluição de cargas de uma população urbana, despejadas no trecho. Estas simulações foram realizadas para diferentes

regimes de vazões ecológicas, como base para o balanço hídrico do trecho. Nas simulações também foram considerados os ganhos e perdas em relação às cotações de energia e produção agrícola. A análise resultou em diferentes regras de operação da usina. Estas regras impactaram a produção de energia, mas propiciaram o uso múltiplo da água no trecho. Verificou-se que a irrigação causou menor impacto na geração de energia do que o uso urbano para as áreas simuladas e uma população urbana de 10 mil habitantes, além de representar um ganho muito maior em termos monetários, do que a perda relativa à energia que deixou de ser gerada. Isso proporcionou para a irrigação um argumento forte na análise da competitividade pelo uso da água no trecho de rio. A diluição de cargas causou uma perda na geração da energia, sendo este um uso necessário para compensar a falta ou não eficiência da remoção da carga dos esgotos domésticos urbanos. A metodologia desenvolvida é genérica, com base em dados prospectáveis e tem potencial para ser aplicada na avaliação estratégica de outorga dos casos de conflitos sobre os múltiplos usos da água em um trecho de rio na presença de geração hidrelétrica. A regra de operação resultante da alocação da água para os diversos usos no trecho do rio pode servir de subsídio do processo de apoio à decisão no licenciamento ambiental de empreendimentos que utilizam a água no trecho de vazão alterada.

Palavras-chave: Estratégia de outorga. Gestão dos recursos hídricos. Licenciamento ambiental. Trecho de vazão alterada.

ABSTRACT

Doctoral Thesis

Post-Graduation Program in Agricultural Engineering

Federal University of Santa Maria

COMPETITIVE ASSESSMENT OF USES OF WATER RESOURCES IN RIVER STRETCHES: AN STRATEGY FOR THE ENVIRONMENTAL LICENSING

Author: Elisandra Maziero

Advisor: Geraldo Lopes da Silveira

Place and Date of Presentation: Santa Maria, November, 16th, 2015.

Considering that water is limited and requires appropriate planning to ensure its proper use, pondering future generations as well as the socio-economic development, some impacts may create conflicts among users of the same stretch of river. Currently, the major competing uses in a stretch of river are: hydropower generation, irrigation and use for sewage dilution, additionally the use for ensuring the environment balance. For hydropower generation water is usually repressed and / or diverted from its original course to a lower point resulting in a stretch of river with modified flows. The water used for Irrigation depends on the plant demand and climatic conditions of the region in analysis. Accordingly, the crop productivity is directly related to water availability for the plant. In the use of water for sewage dilution, the sewage treatment conditions are often poor or non-existent, resulting in the flow values for treatment. The proposed paper presents a method for quantifying the impacts among competing uses of water in a stretch of river with modified flows due to a development of hydropower generation. The main study case for this analysis is a stretch of river with modified flows caused by the hydropower Passo São João, in the Ijuí river. Hypothetical scenarios are simulated to evaluate the competitiveness among different uses of water in the stretch of river including demand in irrigation for soy and corn. Also including demand for sewage treatment on the stretch of an urban population. Different regimes of ecological flow are taken as basis for balancing the stretch. Gains and losses in relation to the prices of energy and agricultural production are also considered for the analysis. The described other uses competing with hydropower generation result in different operating rules of the

hydropower plant. These rules affect energy production, but lead to the multiple use of water in the stretch. By analysing the outcome of the the proposed simulations it is verified that irrigation caused minor impact on the electricity generation in comparison to sewage dilution, for a population of ten thousand. In addition there is a much larger gain in monetary terms than the loss on the energy that are not generated. This fact provided a strong argument for irrigation competitiveness analysis in the stretch of river. The sewage dilution causes significant losses for electricity generation. However it is a necessary use to compensate poor or non-existent treatment for sewage dilution. This study presents a generic methodology that can be applied for strategic planning to water rights, evaluating cases where there are conflicts over the multiple uses of water in the presence of hydropower generation. The resulting operation rule for competing uses of water in a stretch of river can be used to support the decision making process for the environmental licensing in a stretch of river with modified flows.

Keywords: Environmental licensing. Modified flows. Water resources management. Water rights.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 – Entradas e saídas no sistema de cultivo.....	47
Figura 2-2 – Geração energia elétrica por fonte no Brasil (%).	53
Figura 2-3 – Capacidade instalada mundial de fontes renováveis (total acumulado)55	
Figura 2-4 – Divisão do escoamento em aproveitamentos com TVA.....	58
Figura 2-5 – Regime de vazões remanescentes: adaptação de ecossistemas.....	70
Figura 3-1 – Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí.....	75
Figura 3-2 – Trecho de vazões alteradas e área incremental.	76
Figura 3-3 – Arranjo das estruturas da UHE Passo do São João.	79
Figura 3-4 – Croqui do problema tipo e hipótese do trabalho.....	84
Figura 3-5 – Regimes de vazões ecológicas simulados e tipos de usos.....	87
Figura 3-6 – Fluxograma 1: Cálculo da Vazão para Irrigação.	92
Figura 3-7 – Fluxograma 2: Cálculo da Qurb.	95
Figura 3-8 – Fluxograma 3: Balanço hídrico da geração e dos outros usos.	98
Figura 3-9 – Fluxograma 4: Cálculos dos Cenários.	100
Figura 3-10 – Relatório de Simulação do Modelo <i>Hidroeco-BH</i>	105
Figura 3-11 – Percentual da Vazão Turbinada.....	107
Figura 3-12 – Energia média gerada em um ano.	108
Figura 3-13 – Energia não produzida.	109
Figura 3-14 – Perdas médias anuais na energia gerada.....	110
Figura 3-15 – Ganhos dos outros usos competitivos.	110
Figura 3-16 – Diferença entre os ganhos dos Usos e as perdas na geração.....	111
Figura 4-1 – Cenário 10: LO Fepam, 200ha, com remoção de 50% da DBO.	116
Figura 4-2 – Cenário 20: LO Fepam, 600ha, com remoção de 50% da DBO.	117
Figura 4-3 – Cenário 30: LO Fepam, 1.000ha, com remoção de 50% da DBO.	118
Figura 4-4 – Cenário 40: LO Fepam, 200ha, com remoção de 90% da DBO.	119
Figura 4-5 – Cenário 50: LO Fepam, 600ha, com remoção de 90% da DBO.	120
Figura 4-6 – Cenário 60: LO Fepam, 1.000ha, com remoção de 90% da DBO.	121
Figura 4-7 – Percentual de Vazão Turbinada.....	125
Figura 4-8 – Vazão Média Turbinada por Ano.....	126
Figura 4-9 – Energia Gerada Média Anual.	126
Figura 4-10 – Valor Monetário da Geração por Qeco.	128
Figura 4-11 – Percentual de Vazão Turbinada com Irrigação de Soja.....	129
Figura 4-12 – Energia Perdida com Irrigação de Soja.....	130
Figura 4-13 – Perdas na geração e ganhos na irrigação de soja.....	132
Figura 4-14 – Percentual de vazão turbinada com irrigação de milho.....	133
Figura 4-15 – Energia perdida com irrigação de milho.....	134
Figura 4-16 – Perdas na geração e ganhos na irrigação de milho.....	136
Figura 4-17 – Percentual de vazão turbinada com uso urbano.....	137

Figura 4-18 – Energia perdida com uso urbano.	138
Figura 4-19 – Energia média anual perdida com aumento da carga diária.	141
Figura 4-20 – Energia média anual gerada com aumento da população.	141
Figura 4-21 – Energia média anual gerada com aumento da população.	142
Figura 4-22 – Perdas na geração, sem ganhos no uso urbano.....	143
Figura 4-23 – Perdas na geração, sem ganhos no uso urbano.....	143
Figura 4-24 – Percentual de vazão turbinada com todos os usos.....	145
Figura 4-25 – Energia média perdida com todos os usos.	146
Figura 4-26 – Domicílios não atendidos com todos os usos no TVA.	147
Figura 4-27 – MWh médio anual perdido com todos os usos no TVA.....	149
Figura 4-28 – Perdas na geração e ganhos com todos os usos	150
Figura 4-29 – Perdas na Geração e Ganhos com Outros Usos.....	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Ranking da produção de soja.....	38
Quadro 2.2 – Ranking da produção de milho.....	39
Quadro 2.3 – Produção da safra 2011/2012.....	40
Quadro 2.4 – Usinas em Operação em função do tipo de fonte utilizada	54
Quadro 2.5 – Prescrição de regime de vazões remanescentes.....	68
Quadro 3.1 – Características da UHE Passo do São João.....	80
Quadro 3.2 – Valores do regime licenciado pela Fepam – LO Fepam.....	82
Quadro 3.3 – Regimes de vazões remanescentes considerados.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Composição dos 60 cenários básicos.	86
Tabela 3.2 – <i>Layout</i> da entrada de dados no modelo <i>Hidroeco-BH</i>	88
Tabela 3.3 – Tipos de Usos.....	106
Tabela 3.4 – Competição entre usos no TVA para a Qeco LO da Fepam.	112
Tabela 4.1 – Cargas médias.	122
Tabela 4.2 – Demandas agrícolas diárias e época de semeadura.....	123
Tabela 4.3 – Organização do Capítulo 4.	124
Tabela 4.4 – Energia e Domicílios atendidos pela geração na UHEPSJ.	127
Tabela 4.5 – Energia perdida por hectare de soja.....	131
Tabela 4.6 – Energia Perdida por hectare de milho.	135
Tabela 4.7 – Energia média anual Perdida por carga de DBO/dia.....	140
Tabela 4.8 – Número de habitantes correspondente a 1 ha de soja ou de milho....	144
Tabela 4.9 – Energia média anual perdida: aumento de área, todos os usos.....	148
Tabela 4.10 – Energia Média Anual Perdida: Aumento de Carga, todos os usos. ...	150
Tabela 4.11 – Cenários 1 a 10: 200 ha, com remoção de 50% da DBO.....	153
Tabela 4.12 – Cenários 11 a 20: 600 ha, com remoção de 50% da DBO.....	153
Tabela 4.13 – Cenários 21 a 30: 1.000 ha, com remoção de 50% da DBO.....	153
Tabela 4.14 – Cenários 31 a 40: 200 ha, com remoção de 90% da DBO.....	154
Tabela 4.15 – Cenários 41 a 50: 600 ha, com remoção de 90% da DBO.....	154
Tabela 4.16 – Cenários 51 a 60: 1.000 ha, com remoção de 90% da DBO.....	154
Tabela 4.17 – Diferença de percentual de vazão turbinada nos tipos 1 e 5	157

LISTA DE ABREVIATURAS

AAGISA: Agência de Águas Irrigação e Saneamento / PB

ADASA: Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento / DF

ADCP: *Acoustic Doppler Current Profiler*

ANA: Agência Nacional de Águas

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

APP: Área de Preservação Permanente

ARMAZ: armazenamento de água, disponível no solo

AVR: Alça de Vazão Reduzida

CBHSF: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco

CC: Capacidade de Campo

CCEE: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CEEIBH: Comitê de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas

Cfa: Classificação do Clima - clima temperado húmido com verão quente

Cfb: Classificação do Clima - clima temperado húmido com verão temperado

CGH: Central de geração hidroelétrica

CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPFL: Companhia Paulista de Força e Luz

DAAE: Departamento de Águas e Energia Elétrica / SP

DBO: Demanda bioquímica de oxigênio

Dem: Demanda de água

DESA: Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental/UFSM

DRH: Departamento de Recursos Hídricos

EIA: Estudo de Impacto Ambiental

EMATER/ASCAR: Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural/Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

ETc: Evapotranspiração da cultura

ETE: Equipamentos para tratamento de esgoto

ETo: Evapotranspiração de referência

ETP: Evapotranspiração potencial

Evapo: Evaporação potencial

FAO: *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roesler
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICWE: Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente
IEMA: Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos / ES
IFIM: *Instream Flow Incremental Methodology*
IGAM: Instituto Mineiro de Gestão das Águas / MG
INEA: Instituto Estadual do Ambiente / RJ
INEMA: Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos / BA
IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPH: Instituto de Pesquisas Hidráulicas
IRENA: *International Renewable Energy Agency*
IRGA: Instituto Rio Grandense do Arroz
IRRIGAR MINAS: Programa de Desenvolvimento Sustentável do Agronegócio nas Bacias Hidrográficas de Minas Gerais
Kc: Coeficiente de cultura
LI: Licença de Instalação
LO: Licença de Operação
MME: Ministério de Minas e Energia
MNT: Modelo Numérico do Terreno
NATURATINS: Instituto Natureza do Tocantins / TO
OD: Oxigênio dissolvido
ODP: Oscilação Decadal do Pacífico
OECD: *Organisation for Economic Co-operation and Development*
Parm: Percentual de água armazenada no solo após descontadas as perdas
PMP: Ponto de Murcha Permanente
PNRH: Plano Nacional de Recursos Hídricos
PORCARMAZ: Porcentagem de armazenamento de água
PrecEf: Chuva efetiva
PSJ: Passo São João
Q_{7,10}: Vazão com 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno
Q₉₀: Vazão de permanência de 90%
Q₉₅: Vazão de permanência de 95%
Qaflu: vazão afluyente
Qalça: vazão na alça
Qeco: vazão ecológica

Q_{máx}: vazão máxima possível de ser turbinada

Q_{mín}: vazão mínima para o acionamento do sistema gerador

Q_{tur}: vazão turbinada

Q_{usos}: vazão destinada aos demais usos

RIMA: Relatório de Impacto Ambiental

SECTIMA: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco / PE

SEMA: Secretaria Estadual do Meio Ambiente / RS

SEMAR: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí / PI

SEMARH: Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos / GO

SEPANTEC: Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia / SE

SERHID: Secretaria de Recursos Hídricos / RN

SFG: Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Geração

SIG: Sistema de Informações Geográficas

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SRH - BA: Secretaria de Recursos Hídricos / BA

SRH - CE: Secretaria de Recursos Hídricos / CE

SUDERRASA: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental / PR

TVA: Trecho de Vazão Reduzidas e Alteradas

UHE: Usina Hidroelétrica

UHEPSJ: UHE Passo São João

USDA: *United States Department of Agriculture*

WWAP: *World Water Assessment Programme*

ΔQ: Vazão que resta para a geração de energia hidroelétrica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Contextualização	19
1.2	Objetivos	20
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	21
2.1	Gestão e legislação dos recursos hídricos	21
2.2	Licenciamento ambiental	28
2.3	Usos competitivos da água em um trecho de rio	32
2.3.1	Uso para irrigação	35
2.3.1.1	Importância da irrigação nos cenários mundial e nacional	35
2.3.1.2	Produção de grãos	37
2.3.1.3	Uso racional da água na irrigação	40
2.3.1.4	Demandas hídricas das culturas	42
2.3.1.5	Armazenamento de água no solo	46
2.3.1.6	Políticas públicas para a irrigação	47
2.3.2	Uso urbano	50
2.3.3	Geração de hidroeletricidade	52
2.3.3.1	Histórico do setor energético nacional	52
2.3.3.2	Produção de energia elétrica: análise de cenários mundial e nacional	54
2.3.3.3	Impactos ambientais provocados por UHE	57
2.3.4	Vazões Remanescentes	61
2.3.4.1	Aspectos gerais	61
2.3.4.2	Métodos para prescrição de vazões ambientais	63
2.3.4.3	Método Silveira et al. (2010) para alça de vazão reduzida	67
2.3.4.4	Vazões ecológicas na UHE Passo de São João (Cruz et al. 2010).	70
2.4	Síntese	72
3	MATERIAL E MÉTODOS	74
3.1	Área de estudo e dados utilizados	74
3.1.1	Bacia Hidrográfica e Usina Passo São João	74
3.1.2	Cenários de vazões remanescentes utilizados	81
3.2	Avaliação da competitividade entre os usuários	83
3.2.1	O problema e a hipótese de trabalho	83
3.2.2	Fluxograma 1: Uso para irrigação	88
3.2.3	Fluxograma 2: Uso urbano	93
3.2.4	Fluxograma 3: Balanço hídrico da geração e dos outros usos	95
3.2.5	Fluxograma 4: Cálculos dos cenários	99
3.2.6	Observações importantes para o método	101
3.2.7	Critérios para avaliação da competitividade	102
3.2.8	Modelo <i>Hydroeco BH</i>	103
3.3	Auditoria do modelo	113

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	115
4.1	Resultados da Simulação de Cenários	115
4.2	Geração de hidroeletricidade	124
4.3	Geração e uso para a irrigação de soja	128
4.4	Geração e uso para a irrigação de milho.....	133
4.5	Geração e uso urbano.....	137
4.6	Geração com soja, com milho e com uso urbano	145
4.7	Cenários conjuntos dos demais regimes ecológicos.....	152
4.8	Generalidades do modelo e recomendações	158
4.8.1	Novos usuários depois de outorgados os primeiros.....	158
4.8.2	Avaliação com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.....	159
4.8.3	Limitações do método	160
5	CONCLUSÕES	162
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
7	APÊNDICE 1 – CENÁRIOS BÁSICOS	180
8	APÊNDICE 2 – AUMENTO DE POPULAÇÕES E DE ÁREAS	240
9	ANEXO – LICENÇA DE OPERAÇÃO UHE PSJ	254

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A água é um recurso essencial à vida e pode restringir o desenvolvimento harmônico de uma sociedade. Segundo Benetti et al. (2003) a água sustenta funções de grande valor para os seres humanos, como a manutenção da saúde pública, o desenvolvimento econômico, a recreação e a preservação do equilíbrio ecológico. Ainda, segundo estes autores, os serviços oferecidos pela água são em função da manutenção de suas características hidrológica, morfológica, química e ecológica. Porém este recurso é limitado e o desenvolvimento sócio econômico causa impactos que resultam no dilema de conservar e dispor este recurso, em quantidade e qualidade adequadas, sendo este um dos grandes desafios do século XXI.

Com base em princípios de utilização deste recurso de forma a propiciar o desenvolvimento regional e manter o equilíbrio ambiental busca-se o aproveitamento dos múltiplos usos da água, respeitando um licenciamento ambiental e propiciando a devida gestão dos recursos hídricos. Quando dois ou mais usuários da água ocupam a mesma fonte pode-se efetivar um conflito pelo uso da água.

Esta situação pode ser caracterizada no caso do uso para geração em usinas hidrelétricas (UHE) que causam a alteração das vazões no rio, resultando em um trecho de vazões reduzidas e alteradas (TVA) onde pode ocorrer, por exemplo, a competição com o uso da água para a irrigação. Nestes casos deve-se considerar a manutenção de um fluxo de água no rio destinado a manter o equilíbrio ambiental, regulado por meio do licenciamento ambiental. Para os usos como a irrigação e diluição de cargas, representados na legislação através dos usos múltiplos da água na bacia, os casos de conflitos com a geração hidrelétrica caracterizam uma situação delicada frente a atual crise no setor elétrico nacional.

Percebe-se a necessidade de balizar o impacto de determinadas situações entre os usos múltiplos da água, pois além das questões ambientais existem consequências socioeconômicas a serem consideradas.

No caso do presente estudo as questões que norteiam esta avaliação referem-se às estratégias de como alocar a água em trechos de rio considerando os usos múltiplos da água, as vazões ambientais e os impactos dos usos nas disponibilidades hídricas do trecho.

O desenvolvimento de uma metodologia de apoio à decisão para estimar os impactos entre as diferentes formas de utilização da água num trecho de rio é essencial para a construção de uma estratégia de gestão, apresentando os devidos subsídios para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração hidrelétrica. A partir da aplicação desta metodologia de apoio à decisão será possível obter um balanceamento entre os usos múltiplos da água, considerando os aspectos envolvidos de forma integrada.

1.2 Objetivos

Propor uma metodologia parcimoniosa para avaliar a competição de usos da água em trecho de rio relativos à geração de energia elétrica, irrigação e diluição de efluentes frente a regime de prescrição de vazões ecológicas, com o propósito de subsidiar o processo de licenciamento ambiental de múltiplos empreendimentos.

Utilizar técnicas de avaliação e consumo hídrico, produtividade, e valoração econômica de cada uso da água para mediar uma competição e gerar subsídios à decisão de licenciamento ambiental.

Demonstrar a aplicabilidade da metodologia desenvolvida em um estudo de caso – Usina Hidrelétrica Passo São João no município de Roque Gonzales, RS – visando o balanceamento entre os múltiplos usos da água de forma integrada.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Gestão e legislação dos recursos hídricos

Entre as questões ambientais, a falta de água em quantidade e em qualidade tem sido discutida nas últimas décadas no que tange o desenvolvimento sustentável (CRUZ, 2001). Segundo Barbosa (2008) a questão ambiental se intensifica nos discursos e estudos no curso da década de 1960 após uma fase de intenso crescimento das demandas por recursos naturais. Esse crescimento gerou uma pressão internacional levando o país a procurar uma política própria para a gestão de seus recursos de forma mais sustentável. Neste contexto o conceito de “desenvolvimento sustentável” surge como um termo que expressa os anseios coletivos (BARBOSA, 2008). Com relação a isso Borges (2010) observa que as questões ambientais têm ocupado o rol de preocupações da sociedade a nível mundial, pois as consequências atingem proporções globais levando a sociedade uma mudança de paradigma, mobilizando não só os ambientalistas, mas toda a sociedade.

Na década de 1970 deu-se o marco quanto à modernização do desenvolvimento de uma legislação mais apropriada nas questões ambientais. Em 1972 na Conferência da ONU realizada em Estocolmo na Suécia, conhecida como a Conferência Sobre Meio Ambiente Humano, observou-se a preocupação em inserir o homem no contexto ambiental como usuário e também responsável pelo ambiente. A qualidade de vida humana foi um fator a ser considerado com o desenvolvimento econômico e social, aliado às questões ambientais. Conforme Seiffert (2011) esse evento foi o marco inicial na discussão das consequências do desenvolvimento econômico sobre o meio ambiente e sobre o conceito de desenvolvimento sustentável. Conforme Cruz (2001) alguns encontros como Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente em Dublin (ICWE, 1992), assim como a Agenda 21, resultante da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro (ECO92, 1992) também são marcos referenciais para as ações necessárias em direção ao uso dos recursos hídricos de forma sustentável.

Conforme Rodrigues & Ferreira (2013) o significado de sustentabilidade vem sendo atualizado desde a década de 1970 até os dias atuais. Conforme as autoras os conceitos de desenvolvimento sustentável foram sendo apresentados ao longo dos anos durante os diversos eventos mundiais que tinham como objetivo melhorar a convivência no planeta considerando as gerações presentes e futuras.

Conforme Lourenço e Machado (2012) a sustentabilidade se resume na busca por um equilíbrio entre produção, consumo, preservação e regeneração de recursos humanos e naturais, constituindo um processo que obriga diferentes atores a cooperar em prol do interesse comum. Com isso é gerador de diferentes tipos de conflitos, pois a procura da sustentabilidade, enquanto processo de mudança social, obriga transformações significativas a nível dos modelos de produção e de consumo, dos valores culturais e a nível dos sistemas de Governança.

Os autores também salientam a evolução no pensamento original descrito pelo Clube de Roma, da década de 1970, ao declarar que se os padrões de crescimento fossem mantidos, se concretizaria uma crise catastrófica, sendo necessário um congelamento do crescimento para evitá-la. Mais tarde seria entendido um conceito mais viável de ser realizado, que defende a qualidade de vida como objetivo central para se atingir a sustentabilidade em termos ambientais, econômicos e sociais. Este conceito revela que o crescimento econômico “zero” pode ser tão prejudicial para o ambiente quanto o crescimento econômico descontrolado (LOURENÇO e MACHADO, 2012).

Finalmente, o desenvolvimento sustentável expôs um novo estilo de compreensão e resolução dos problemas socioeconômicos, considerando o ambiente natural, as dimensões culturais, políticas e sociais (BRITO et al., 2011).

Quanto aos recursos hídricos, no Brasil, até então, as maiores mudanças foram com relação ao domínio das águas. Pelo Código das Águas de 1934 (BRASIL, 1934) a água pertencia aos municípios ou ao proprietário particular da área onde ocorria o recurso. A partir da década de 1970 as mudanças puderam ser percebidas, com a criação do Comitê de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH) e vários comitês executivos, nas bacias hidrográficas mais impactadas do país (ASSUNÇÃO e BURSZTYN, 2001). Com isso observa-se a discussão sobre os recursos de forma a contemplar os demais usos da água.

Em 1981 a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) anuncia como objetivo assegurar condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses

da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os princípios que incluem a manutenção do equilíbrio ecológico considerando o uso coletivo. Ou seja, tem como proposta uma compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (BRASIL, 1981).

Com a constituição de 1988 (BRASIL, 1988) a água passou a ser de domínio público, dos Estados ou da União. Competindo, então, à União e aos Estados agenciar a gestão do uso dos recursos hídricos de sua competência (CRUZ e TUCCI, 2008).

Na década de 1990 foi instituído no Brasil o sistema de gerenciamento de recursos hídricos pela Lei Federal nº 9433 de 1997 (BRASIL, 1997). A Lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Nesta lei a água é fundamentada como um recurso natural de domínio público, finito e dotado de valor econômico. A Lei fundamenta também a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação da política (artigo 1º, inciso V), tendo como objetivos: solucionar os conflitos resultantes do uso intensivo da água, conservar e recuperar os recursos hídricos degradados, assim como evitar impactos danosos na qualidade dos recursos hídricos, dentro de uma visão sistemática, firmada nos princípios da descentralização e da participação da sociedade no processo decisório (CRUZ, 2001). Cita-se aqui o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) em 30 de janeiro de 2006. O PNRH é o instrumento de planejamento estratégico dos recursos hídricos, regula diretrizes, metas e programas para garantir o uso racional da água até o ano de 2020 e é entendido como o principal elemento orientador das políticas públicas de recursos hídricos no país (BM, 2008).

Segundo os fundamentos da legislação sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos o atendimento de usos múltiplos da água deve ser contemplado, conforme o artigo 1º, inciso IV: *“a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”*.

Mediante esta legislação, considerada mais moderna no cenário brasileiro, o direito ambiental tem um papel importante. Conforme observa Vaz (2007) a responsabilidade civil assume papel importante na proteção da natureza, pois a principal função da responsabilidade civil é a reparação. Mas a autora salienta que

na proteção do meio ambiente a prevenção assume papel preponderante na medida em que o objetivo maior é evitar a consumação do dano ambiental.

Neste contexto pode-se afirmar que o objetivo da legislação na área ambiental é de prevenir que o dano ocorra, mas caso seja necessário, certo impacto pode ser aceitável. A aceitação ou não deste dano pode ser justificada pelos benefícios socioeconômicos da atividade a ser implementada, como forma de “compensar” o dano ações podem ser planejadas em curto, em médio e em longo prazo.

Esta maneira de aceitação de dano mediante uma compensação descreve como é denominado pela literatura, o princípio do poluidor pagador. Segundo Araújo (2009) este princípio busca garantir a justiça ao evitar que só a sociedade sofra os riscos do desenvolvimento econômico. Ainda segundo o autor, o citado princípio pode ser entendido como um instrumento econômico de política ambiental, em que se exige do poluidor ou do potencial poluidor o dever de arcar com as despesas estatais relativas à prevenção, reparação ou repressão dos danos ambientais. Isso se justificaria pelo fato de que o dano impossibilitou a coletividade de usufruir um bem-estar ambiental, (TABOADA, 2005 apud ARAÚJO, 2009).

Na PNMA este princípio está bem explícito em seu Art 4º, insiso VII:

“à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.”

O princípio também aparece na Constituição de 1988, em seu artigo 225, § 3º:

“As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão seus infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.”

Este princípio também é citado na Política Nacional dos Recursos Hídricos através do instrumento de gestão da cobrança pelo uso dos recursos hídricos do PNRH. Conforme Martini e Lanna (2003) essa é a principal novidade da lei maior dos recursos hídricos do país, representando a vinculação da vertente jurídico-administrativa com a vertente econômica de tratamento das questões ambientais.

Conforme Araújo (2011) vem se destacando, recentemente, um outro princípio, do protetor-recebedor. Segundo o autor, este princípio, ao contrário do poluidor-pagador, enfatiza os não poluidores do meio ambiente. Este princípio tem como base a idéia de que o indivíduo, que protege uma área, deixando de impactá-la/degradá-la, deverá receber incentivos, financeiros ou não, como forma de compensá-lo pela prestação de um serviço de proteção ambiental.

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA, 2008) trata-se de uma política moderna e inovadora que está atraindo muita atenção tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento. Parte-se de que a inovação envolve um afastamento das políticas ambientais de comando, utilizando as forças de mercado para atingir os resultados ambientais, recompensando os provedores de serviços ambientais.

Na legislação brasileira este princípio pode ser verificado na Lei nº12.305 de 2010 no art. 6º, que institui a nova Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010): *“São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos: (...) II – o poluidor - pagador e o protetor - recebedor”*.

Conforme a Agência Nacional das Águas (ANA, 2008) o modelo provedor-recebedor é reconhecidamente mais eficiente e eficaz no controle da erosão e da poluição difusa do que o tradicional modelo usuário/pagador, que, conforme descreve Araújo (2011), tem como principal diferença em relação ao princípio do poluidor pagador o fato de que, em relação ao primeiro, não há a figura do poluidor e sim de um consumidor/usuário que se utiliza licitamente de determinado recurso e paga para consumi-lo.

Existem diversos exemplos de aplicação prática da utilização dos serviços ambientais e suas respectivas formas de pagamento, compensação e outros incentivos, como o mercado do carbono. Tem-se também o Programa Produtor de Água, que integra o conceito de pagamento por serviços ambientais (ANA, 2008). Este programa visa incentivar a compensação financeira aos agentes que contribuem para proteção e recuperação de mananciais, gerando benefícios para a bacia e para sua população.

Os princípios descritos até aqui são, portanto a base para a legislação ambiental e de recursos hídricos no Brasil e representam a utilização destes recursos de forma a propiciar o desenvolvimento sócio-econômico regional e manter o equilíbrio ambiental.

Neste contexto a gestão dos recursos hídricos de forma mais eficaz necessita o conhecimento sobre os usos da água. Como em trechos de rios em que as retiradas feitas por um determinado usuário não devem prejudicar o atendimento dos demais usuários, e em situações de falta de água, deve-se haver a destinação do recurso para os usos prioritários (BRASIL, 1997).

Assim, para que a quantidade e qualidade da água sejam garantidas, é necessário um domínio, uma maior compreensão com relação aos usos consuntivos e não consuntivos que podem causar poluição ou algum tipo de conflito no trecho do rio.

Com relação ao uso consuntivo, que altera as vazões no curso d'água, pode ocorrer a diminuição da disponibilidade hídrica no trecho de rio, como ocorrem em captações para abastecimento ou para a irrigação. Os usos não consuntivos podem ser do tipo que causa impacto na qualidade da água, como a água usada para a diluição de efluentes em rios. Nestes casos esses usos carecem de uma vazão disponível no rio, a qual não estaria disponível dependendo da qualidade resultante após o lançamento, como no caso dos usos que dependem da qualidade da água, como lazer e pesca. Também existem os usuários que requerem apenas uma quantidade de água no trecho do rio, como na navegação ou o paisagismo. A geração hidrelétrica é um dos usos considerado como não consuntivo por devolver a água para o rio depois de turbinadas. Porém as discussões sobre esta atividade implicam na gestão dos recursos hídricos e ambiental considerando que nestes empreendimentos existe o barramento do curso natural, seja para ganho de altura de queda d'água ou para o desvio das águas para um ponto mais baixo.

No Brasil a determinação das águas como sendo de domínio apenas público gerou a necessidade da utilização de uma forma de autorização do Estado para uso desses recursos hídricos por terceiros (ANA, 2005). Essa forma de autorização está prevista na Lei Federal nº 9.433/97 através do instrumento de outorga de direito de uso de recursos hídricos.

A outorga de direitos de uso de recursos hídricos pode ser definida como um instrumento em que o poder público confere o direito de uso do recurso a um ente público ou privado, considerando a quantidade, a finalidade de uso e o tempo a ser utilizado (FRANTZ e CRUZ, 2010). Portanto, a outorga é a ferramenta que servirá para se estabelecer os limites de utilização de uma vazão em um determinado trecho de rio sem prejuízo à diversidade dos usos neste trecho, devendo ser

considerado, entre os usos, uma vazão exclusiva a ser mantida no trecho para atender as necessidades ambientais.

Outro instrumento de gestão previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos é o Enquadramento em Classes de Qualidade. O Enquadramento em Classes de Qualidade limita os níveis de qualidade para os respectivos usos atribuídos ao trecho. O controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida (CONAMA, 2005).

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA n° 357 (CONAMA, 2005) determina quais os limites para as condições e padrões quanto a diversas formas de poluição, como efeito tóxico crônico a organismos, óleos e graxas, coliformes termotolerantes, turbidez, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido (OD), entre outros.

De acordo com o panorama do enquadramento de corpos d'água ANA (2007), o Estado de São Paulo regulamentou o primeiro sistema de classificação dos corpos d'água do país, em 1955 por meio do Decreto Estadual no 24.806. Em nível federal, somente em 1976 foi legislado sobre o enquadramento, através da Portaria n° 013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior (BRASIL, 1976).

Segundo o panorama, mesmo que o instrumento de enquadramento exista no Brasil há décadas, ainda é muito pequena sua implementação, tanto nos corpos d'água federais como nos estaduais. Em alguns casos em que houve o enquadramento, verifica-se a necessidade de atualização conforme a legislação mais recente.

Ainda segundo ANA (2007), em 2006, por solicitação da Agência Nacional de Águas, a ação “Enquadramento dos corpos d'água” foi incluída no Plano Plurianual do Governo Federal (2007-2010) objetivando a elaboração de propostas de enquadramento e a capacitação e o apoio aos órgãos gestores em todos os níveis (estaduais, Comitês de Bacia, Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos) no processo de elaboração e análise, além da aprovação das propostas de enquadramento.

Em casos onde não foi realizado o processo de enquadramento, comum na maioria dos recursos hídricos do Brasil, a classe mínima de qualidade para água doce é fixada na classe II, exceto se as condições atuais de qualidade forem

melhores, conforme Artigo 42 da resolução Conama n° 357 (CONAMA, 2005). Segundo a resolução, na classe II a água deverá atender aos seguintes usos:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274 (CONAMA, 2000);
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Pode-se perceber que na classe II tem-se o limite para que seja atendida a proteção das comunidades aquáticas. Com isso a vazão que deve permanecer no trecho do rio para atender a classe II de qualidade pode ser denominada como a vazão sanitária do trecho (UFSM/FEPAM, 2006).

Sendo o enquadramento o instrumento que representa uma qualidade de água a ser mantida ou alcançada, o mesmo é referência para os demais instrumentos de gestão de recursos hídricos (outorga, cobrança) e instrumentos de gestão ambiental (licenciamento, monitoramento). Integrando, portanto, a gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental e constituindo a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, conforme prevê a lei (CRUZ, 2001).

2.2 Licenciamento ambiental

Por muito tempo o desenvolvimento econômico definiu os níveis de degradação ambiental, por não haver a preocupação com os impactos causados. Mas estes impactos passaram a ter consequências que levaram a uma evolução nas questões relacionadas ao desenvolvimento sócio-econômico considerando uma sustentabilidade, ou seja, considerando que os impactos ambientais destas atividades devam ser minimizados e suas consequências compensadas. Isso foi evidenciado pela legislação mais moderna, em que novos princípios resultaram em um entendimento de que toda atividade humana tem impacto no ambiente, mas esse pode ser considerado aceitável ao ser balanceado com o retorno social/econômico e medidas compensatórias.

Esta legislação moderna teve início em países desenvolvidos e se torna abrangente, sendo entendida a nível global, pois os impactos de ações degradantes do ambiente também podem ter consequências a esse nível. O sistema opera através de seus instrumentos, como o licenciamento ambiental e o estudo de impacto ambiental (EIA).

Assim pode-se definir o licenciamento ambiental como um instrumento de uma política ambiental que visa compatibilizar o desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico. Com isso os empreendimentos passam a ter inserido em sua avaliação de viabilidade os aspectos relacionados ao uso sustentável dos recursos naturais, além dos impactos sociais e econômicos.

Segundo a resolução CONAMA nº 237 (CONAMA, 1997), no procedimento de licenciamento ambiental deverá constar, entre outros documentos, a outorga para o uso da água, emitida pelos órgãos competentes. A resolução define as atividades que necessitam de licenciamento. As atividades agropecuárias, como o projeto agrícola e obras civis como barragens, diques ou canais, fazem parte desta lista.

No estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, a partir de 2008, mediante a portaria conjunta da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e a fundação de proteção ambiental do estado nº 47/ 2008, ficou resolvido em seu artigo 1º que as outorgas para captações de água superficial em cursos de água ou nascentes serão emitidas pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), simultaneamente com o licenciamento ambiental. Ainda, as outorgas emitidas serão precárias e o Departamento Estadual de Recursos Hídricos (DRH) procederá e promoverá estudos de avaliação de disponibilidade hídrica, vazões de referência, sistemas de suporte à decisão para outorga e sistema de informações de recursos hídricos que permitam, através de reavaliação das outorgas precárias concedidas pela FEPAM e, pelo balanço hídrico, transformá-las em autorizações conforme previsto no art. 1º do Decreto Estadual nº 37.033/96 (RIO GRANDE DO SUL, 1996). Terminados os estudos referidos, o DRH definirá juntamente com os Comitês de Bacias Hidrográficas e o Conselho de Recursos Hídricos um plano de trabalho que contemple estratégia de priorização de bacias para emissão das outorgas na modalidade autorização.

No caso das usinas hidrelétricas um dos impactos mais significativos da obra é a alteração do regime hidrológico do rio. Duas situações podem ser verificadas:

alteração no hidrograma a jusante da obra com a regularização das vazões, o que proporciona a redução da variabilidade das vazões ao longo do tempo; ou o desvio do fluxo do rio para um canal que leva a água às turbinas caracterizando o trecho entre a jusante do desvio e o ponto onde o fluxo retorna, denominado como trecho de vazões reduzidas ou alteradas (TVA). Este é o arranjo considerado no presente estudo.

Com relação ao TVA o licenciamento ambiental destes empreendimentos requer a definição das vazões a serem mantidas no trecho para que sejam contempladas as questões ecológicas. Mas o que ocorre, geralmente, é a utilização de uma vazão de referência com base em estatísticas da série histórica de vazões afluentes. Esta série pode não representar de fato as necessidades ecossistêmicas do trecho.

Cabe salientar que as vazões a serem utilizadas pelo empreendimento durante a sua implantação devem ser outorgadas para obtenção da licença de instalação (LI), quando esta etapa da obra ou atividade resulte no uso ou alteração nos recursos hídricos (CNRH, 2006). Bem como a outorga de direito de uso da água apresentada ao licenciador para obtenção da licença de operação (LO). Sendo assim cabe à outorga garantir a disponibilidade hídrica que o licenciamento supõe haver na bacia para os usuários (ROQUES, 2006).

Além dos aspectos ecológicos no trecho de vazões alteradas, a operação da usina pode ter seu projeto inviabilizado por demandas de outros usuários que tem o uso da água concorrente ao da geração de energia, como a irrigação e a diluição de cargas ou uso urbano.

Considerando que os empreendimentos de irrigação podem causar modificações ambientais, estes também estão sujeitos ao licenciamento ambiental. Em 30 de agosto de 2001 foi publicada a resolução do CONAMA que trata sobre o licenciamento destes empreendimentos. Com destaque ao incentivo do uso racional dos recursos, priorizando os projetos que incorporem equipamentos e métodos de irrigação mais eficientes, em relação ao menor consumo de água e de energia (CONAMA, 2001).

Ainda, a diluição de cargas poluidoras que são lançadas diretamente no rio é uma questão que envolve o uso do recurso natural que pressupõe manter reservada no rio a vazão necessária para que a qualidade da água não seja degradada ao se

despejar nele uma certa quantidade carga poluidora. Esta questão requer a definição dos valores quali-quantitativos da água no trecho do rio analisado.

A definição destes valores depende de variáveis como disponibilidade hídrica, caracterização dos efluentes contendo a carga de poluentes e a capacidade de autodepuração do corpo hídrico. A caracterização dos efluentes influencia na determinação das vazões necessárias para a diluição das cargas, pois os valores da vazão de diluição propagam-se a jusante. O seu valor pode variar ou manter-se constante. Isso depende do tipo do parâmetro em questão (conservativo ou não-conservativo) e das concentrações máximas permitidas pelas classes de enquadramento dos trechos de jusante (SALIM et al., 2007).

Para que a carga do efluente não altere as condições pré-estabelecidas no trecho de rio a gestão considera que devam ser outorgadas as vazões para a diluição destas cargas.

Caso haja a necessidade de licenciamento para a irrigação que capta a água diretamente no rio, e sendo este ponto de captação pertencente ao trecho de vazões alteradas por uma usina hidrelétrica que recebe esgoto de uma área urbana, tem-se uma questão nova a ser discutida. Neste caso a operação da usina passa a contar com as novas demandas. Esta situação caracteriza um cenário de competição entre os usuários, com impactos na geração e na produção agrícola local, bem como nas condições de saneamento.

Deste modo, estes trechos de vazões alteradas apresentam uma forte tensão entre as necessidades dos usos projetados para as represas e as necessidades para manter os ecossistemas fluviais e ribeirinhos, os regramentos referentes à manutenção da qualidade da água (enquadramento dos corpos de água), e os outros usos antrópicos (usos múltiplos). Ou seja, estes trechos devem ser geridos, administrando os conflitos de uso existentes e potenciais, o que significa que devem ser claramente definidos como ambientes alterados, antrópicos, e cuja estabilidade deve ser referenciada aos objetivos de gestão.

Finalmente, a legislação no Brasil referente à gestão ambiental e de recursos hídricos impõe os objetivos que as prescrições de regime remanescente de vazões devem atender, simultaneamente, a manutenção dos ecossistemas, a qualidade da água e os outros usos dos recursos hídricos, muitas vezes competitivos entre si.

2.3 Usos competitivos da água em um trecho de rio

Inicialmente pode-se diferenciar conflitos entre usuários de água e usos competitivos do recurso. A existência de uma demanda influenciando outra não implica necessariamente em um conflito, mas pode ser a indicação de um potencial conflito (ANA/COPPE, 2002). Conflitos pelo uso da água implicariam na disputa através de canais legais (ações na Justiça), institucionais ou em fóruns sociais de negociação como comitês de bacia e associações de usuários. No entanto, existem situações de disputa em torno dos recursos hídricos que não apresentam uma dimensão social, cujo conflito está inserido a um número reduzido de atores, não sendo reconhecidas socialmente como situação de conflito (ANA/COPPE, 2002). À medida que as demandas por um recurso aumentam os diferentes usuários podem se tornar conflitantes. Por exemplo, com o aumento das áreas irrigadas, das concentrações urbanas, da intensificação do uso industrial e da necessidade de geração de energia elétrica, a água pode ser o objeto de disputa entre usuários.

De modo geral, pode-se afirmar que a geração de energia e agricultura irrigada competem pelo uso da água mesmo indiretamente. A urbanização aumenta a demanda por água ao mesmo tempo em que aumenta a geração de águas residuais e altera demandas por produtos agrícolas. Os preços de energia mais altos aumentam os custos da produção com implicações para o acesso à água e irrigação (COSGROVE e COSGROVE, 2012).

A competição direta pode ser verificada em disputas pela mesma fonte de recurso, como em um trecho de rio com geração e captação para a irrigação, o abastecimento com a diluição de cargas, etc. Conforme o relatório das nações unidas sobre o uso da água e energia, esta situação é verificada em diversos países onde a gestão sempre deve considerar as peculiaridades de cada caso (WWAP, 2014).

A água é um bem público e sua utilização é regulada por uma legislação que deve ser capaz de reconhecer as situações de conflito como parte da democracia. O conflito de interesses gera a necessidade de gestão, feita através dos instrumentos definidos em legislação. Ou seja, é a partir de situações de conflito que surgem avanços no processo democrático (ANA/COPPE, 2002).

Para Brito et al. (2011) os conflitos se tornam importantes para o crescimento e desenvolvimento das sociedades. No século XXI os conflitos relacionados ao uso

e preservação/conservação dos recursos naturais se apresentam com maior evidência, efetivando os denominados conflitos socioambientais.

Com relação a esses conflitos Brito et al. (2011) relatam algumas teorias que expressam sua definição, citando diversos autores, com destaque às definições, como a que os conflitos socioambientais têm como características comuns o fato de serem induzidos pela escassez de um recurso, provocada pela ação econômica de atividades antrópicas. Ou ainda o estabelecimento dos conflitos socioambientais se dá não somente a partir da escassez dos recursos, mas também, pelo uso destes. Em resumo definem que a escassez e a forma de utilização da natureza determinam os desequilíbrios social, econômico e ambiental, envolvendo os aspectos materiais e simbólicos do ambiente natural.

O conflito socioambiental também pode ser visto como um conflito social que tem no acesso aos recursos naturais o seu principal objeto de disputa, contrapondo os interesses coletivos com os interesses privados e espaço público, com a tentativa de apropriação de espaço público (CARVALHO e SCOTTO (1995) apud BRITO et al., 2011). Estas autoras também destacam que os conflitos podem ser de fácil visualização, com características claras, ou não, quando os atores são atingidos por processos de degradação do qual não têm consciência. E finalmente, diferenciam os problemas ambientais dos conflitos socioambientais, sendo o problema ambiental uma situação em que há o risco ou dano social ou ambiental, mas sem reação ativa por parte dos atingidos. Enquanto que o conflito socioambiental se caracteriza pelo confronto de interesses representado em torno da utilização ou gestão do ambiente.

Em trechos de rio com as vazões alteradas devido à implantação de uma barragem que serve a um empreendimento hidroelétrico, os conflitos inicialmente ocorrem em função da área a ser alagada, envolvendo a desapropriação de terras e a indenização dos proprietários. Esta é uma das etapas polêmicas de um projeto. Diversas são as discussões em diferentes empreendimentos, em que as obras são interrompidas por ações judiciais pelo descontentamento na população atingida. No entanto dificilmente a obra será inviabilizada. O que ocorre em muitos casos é uma alteração no projeto para reduzir estes impactos. Como por exemplo, o caso das usinas no Rio Xingu, Rio Madeira, etc, em que a área alagada original foi reduzida com a mudança no projeto, junto com a adoção de uma barragem a fio d'água. A operação da usina a fio d'água é um elemento que pode tornar a barragem menos impactante e pode ser percebida nos projetos de novos empreendimentos.

Em grandes empreendimentos, como os da região Amazônica, os problemas são ainda maiores ao considerar a dimensão dos projetos e a sua eficiência, somado a questões trabalhistas e impactos socioambientais, como exposto por Alvez e Thomaz Júnior (2011); Bermann (2012).

Além destes tipos de conflitos, tem-se o trecho a jusante do barramento, em que as vazões ficam alteradas pelo desvio das águas para as turbinas, com redução de seus valores em relação às vazões originais.

Neste trecho pode haver outros usos da água, além da manutenção do equilíbrio do ambiente. Para que a gestão represente seus aspectos de manutenção da qualidade e da quantidade de água adequadas é preciso considerar as demandas destes usuários e a definição de um balanceamento entre usos de encontro à sustentabilidade. Para isso é importante desenvolver métodos para um controle ótimo que combine o balanço hídrico com modelos que possam analisar os impactos da alteração dos fluxos nos ecossistemas (JAGER e SMITH, 2008).

Com relação aos ecossistemas, numa realidade de falta de dados, um método que considera um manejo adaptativo se apresenta como uma boa alternativa fazendo uso da aplicação de métodos com menores exigências de dados num primeiro momento e melhorias realizadas pela análise dos *feed backs* após iniciado o processo (SILVEIRA et al., 2010), (JAIN, 2015).

Conforme o prognóstico para 2026 da Secretaria Estadual do Meio Ambiente / RS (SEMA, 2007) a gestão das águas deve acompanhar a necessidade de um gerenciamento de recursos hídricos competente para atenuar possíveis conflitos de uso, especialmente nas bacias em que áreas irrigadas se instalem a montante dos aproveitamentos hidrelétricos, reduzindo o fluxo hídrico e a geração de energia hidrelétrica. Com isso o processo de licenciamento em centrais hidroelétricas deverá atender a essas demandas, buscando incorporar os interesses das comunidades locais. Para isso é preciso haver um critério de comparação, como os ganhos e perdas, de produção de energia elétrica e de produtos agrícolas, em termos monetários.

Este processo envolve o equacionamento das demandas na produção de energia e agrícola com os interesses regionais considerando a avaliação de custos e benefícios. Os usos da água na produção de energia elétrica ou na irrigação podem ter uma valoração econômica com o uso de métodos convencionais, enquanto que para as questões sociais e ambientais os custos e benefícios não se referem aos

gastos com preço de mercado, mas sim em valorar os custos e benefícios pela contribuição ao bem estar das pessoas (FALCO et al., 2010). No caso, diretamente ou indiretamente atingidas por esses usos da água.

Isso recai no desafio de valorar o uso de recursos naturais. Conforme observa Falco et al. (2010) entre os problemas na alocação eficiente e na administração da utilização dos recursos naturais tem-se a disputa entre os vários usos competitivos visando maximizar o bem-estar e a satisfação da sociedade.

Nos itens a seguir serão descritos e analisados os principais usos para a avaliação de um trecho de vazões alteradas vinculados ao objeto do presente estudo. Além da vazão ecológica, têm-se a irrigação e a diluição de cargas poluidoras como os outros usos, concorrentes no TVA de uma usina hidrelétrica.

2.3.1 Uso para irrigação

2.3.1.1 Importância da irrigação nos cenários mundial e nacional

O uso da água fluente no rio para a irrigação de culturas agrícolas é feito considerando a demanda hídrica que não foi atendida pela precipitação pluvial. Ou seja, irriga-se para compensar a falta ou a distribuição das chuvas durante o ciclo da planta. Pela fragilidade na disponibilidade hídrica a safra agrícola pode ser comprometida devido ao déficit hídrico, seja com relação às variabilidades das precipitações ou pela baixa disponibilidade de água superficial para atender a alta demanda na irrigação (IBGE, 2013).

Nas últimas décadas, na medida em que a população mundial aumentou a área para irrigação, as captações de água para esse fim duplicaram. A proporção de terra cultivada com irrigação em relação ao total de terra cultivada cresceu de 10% para 20% (FAO, 2011). Ainda, o incremento de áreas com irrigação é feito na maioria das vezes, por substituição de cultivo de sequeiro para cultivo irrigado.

Para suprir a demanda para a irrigação, utiliza-se a água de lagos, rios e aquíferos, sendo que 62% das captações se referem às águas superficiais (FAO, 2011). Isso faz da irrigação um dos usos da água que representa maior demanda. Cerca de 70% da água superficial disponível no mundo é utilizada na agricultura irrigada, 20% para a indústria e 10% para os demais usos, incluindo o uso doméstico

(MAYERS et al., 2009; ALEXANDRATOS e BRUINSMA, 2012; FAO e WWC 2015). Por outro lado, a irrigação é responsável pelo melhor desempenho das lavouras na produção de alimentos. Cerca de 40% do aumento de produtividade é proveniente de áreas irrigadas (FAO, 2011). Conforme Christofidis (2013) a produtividade média mundial obtida com a prática da agricultura irrigada é 2,7 vezes maior do que a obtida pela agricultura tradicional de sequeiro.

A garantia da produtividade das lavouras é uma das formas para que se tenha a produção de alimentos suficiente para atender a crescente demanda, o que aparece como um desafio junto com a produção de energia elétrica. De acordo com Bruinsma (2009) baseado nas previsões da FAO (2006), a demanda por alimentos aumentará em 50% em 2030 e para 70% em 2050. Estima-se um aumento na demanda de água pela agricultura, entre 2008 e 2050. Este aumento tende a ser de 11%, com o crescimento deste valor nos países em desenvolvimento, sendo compensado por um declínio nos países desenvolvidos (BRUINSMA, 2009). Em FAO (2011) a previsão é de um acréscimo de 6% no uso da água para irrigação entre 2009 e 2050.

Neste cenário internacional o Brasil é visto como um país com imenso potencial na produção de alimentos. Este destaque pode ser confirmado na publicação da OECD/FAO (OECD/FAO, 2015), a qual fornece as projeções até o ano 2024 com relação à produção dos principais *commodities* agrícolas no mundo. Conforme esta publicação o país está entre as dez maiores economias do mundo e é o segundo maior fornecedor mundial de alimentos e produtos agrícolas. Também se projeta que o aumento da oferta poderá ser impulsionado mais pelo ganho na produtividade como resultado de maiores investimentos neste setor, do que pelo aumento de áreas cultivadas. Com isso o uso da água na irrigação ganha um espaço ainda mais importante na produção agrícola e o seu desenvolvimento torna-se uma necessidade, que influencia também o desenvolvimento sócio-econômico. Pois a irrigação incrementa a produção e, conseqüentemente, a renda dos produtores e demais envolvidos na cadeia do agronegócio mediante as situações de escassez ou falta de chuvas. Por outro lado não basta utilizar-se deste recurso para garantir a produção e renda, sendo necessário o uso racional da água para o desenvolvimento se sustentar diante do aumento da demanda dos demais usuários (SANTOS, 2005).

No relatório das Nações Unidas sobre o uso da água e energia WWAP (2014) salienta-se a importância de se utilizar métodos mais eficazes na irrigação em prol de uma produção mais sustentável, com economia de água. Segundo o Censo do IBGE (IBGE, 2006) os métodos de irrigação mais utilizados no país são a aspersão e a inundação, onde se destaca a aspersão com pivô central. Sendo 24% da área irrigada no método de inundação, 18% com pivô central e 35% em outros métodos de aspersão (aspersores fixos e móveis, exceto pivô central).

Para as culturas irrigadas de grãos, como soja e milho o sistema de irrigação comumente utilizado é do tipo aspersão. Nas regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste a predominância é do método de aspersão sem pivô central (IBGE, 2006). Na região Sul, verifica-se uma maior utilização da irrigação por inundação, devido ao Estado do Rio Grande do Sul ser o maior produtor nacional de arroz irrigado.

Embora a irrigação por inundação seja bastante representativa no Rio Grande do Sul devido o cultivo de arroz, a aspersão com pivô central vem sendo empregada para o cultivo de milho, trigo, de soja e de feijão no Estado (CEPEA, 2013). A maior área com irrigação por aspersão com pivô central está localizada no noroeste do estado (IBGE/SIDRA, 2013), coincidindo com a região produtora de milho e soja.

2.3.1.2 Produção de grãos

Entre as culturas mais importantes para o Brasil no cenário mundial tem-se a soja e o milho. No país estes produtos representam a maioria da produção total de grãos com 47% para a soja e 40% para o milho conforme os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) para a produção total de grãos por cultura, na estimativa publicada em julho de 2015 (CONAB, 2015).

Com relação à produção de soja o Brasil é um dos líderes mundiais, atrás dos EUA. Com relação à exportação do produto, o Brasil é atualmente o líder, com quase 50 milhões de toneladas (USDA, 2015a), conforme apresentado no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Ranking da produção de soja.

Produção de Soja (milhões de ton)		% Produção	Exportação de Soja (milhões de ton)	
USA	104,7	32,9	Brasil	49,1
Brasil	97,0	30,5	USA	48,3
Argentina	57,0	17,9	Argentina	8,5
China	11,5	3,6	Paraguay	4,6
India	11,5	3,6	Canadá	3,8
Paraguay	8,8	2,7	Outros	7,1
Canadá	6,2	1,9		
Outros	20,8	6,5		
Total mundial	317,5			

Fonte: adaptado de (USDA, 2015a).

Pela Conab a exportação da safra 2014/15 foi estimada em aproximadamente 47 milhões de toneladas (Conab, 2015), valor aproximado ao da estimativa apresentada pela USDA no Quadro 2.1

Nos EUA, para o ano de 2015, conforme as estatísticas do departamento de agricultura americanas têm-se um recorde de área semeada com soja (NASS/USDA, 2015). Percebe-se que mesmo com o período da semeadura apresentando atrasos, os EUA se mantêm na ponta entre os países produtores de soja.

Conforme dados da Conab a safra 2014/2015 no Brasil é recorde, com mais de 96 milhões de toneladas (Conab, 2015), com aproximadamente 6% a mais na área semeada em relação ao ano anterior. Com maior representatividade em cultivo da soja nas regiões Sul e Centro-Oeste, concentrando 81% da área nacional (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014), com destaques nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e Rio Grande do Sul.

O crescimento da produção no país se deve às condições climáticas favoráveis e o aumento na área plantada de soja. As boas condições climáticas significam que choveu satisfatoriamente, em quantidade e distribuição, o que garantiu o bom desenvolvimento das lavouras.

Com relação ao milho, em 2015 os EUA lideram a produção, seguidos pela China e Brasil, conforme dados apresentados no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Ranking da produção de milho.

Produção de Soja (milhões de ton)		% Produção
USA	343,6	34,8
China	229,0	23,2
Brasil	77,0	7,8
União Européia	65,7	6,6
Total mundial	987,1	

Fonte: adaptado de (USDA 2015b).

No Brasil o milho é produzido em dois períodos. No primeiro período o milho compete diretamente com a soja nos estados do sul do Brasil. No segundo período, chamado Safrinha, a cultura é plantada após a colheita da soja na região centro-oeste. Como a área de soja aumenta nesta região, há mais terra disponível para o milho safrinha. Também se destaca o maior rendimento na safrinha comparado ao primeiro período, o que é uma vantagem, pois garante a posição do Brasil no *ranking* internacional (USDA, 2015b). Conforme dados da Conab (Conab, 2015) no Brasil a região Sul é a maior produtora na primeira safra, com 14 milhões toneladas na safra 2014/2015, com destaque ao estado do Rio Grande do Sul, maior produtor nacional com a produção de 6 milhões de toneladas. A região Centro Oeste tem a maior produção na safrinha com aproximadamente 34 milhões de toneladas.

Quanto ao arroz, este é o terceiro no *ranking* de produção nacional de grãos, embora no cenário internacional tenha pouca representatividade. Esta cultura é a que mais consome água quando cultivado no sistema irrigado. Conforme Petrini et al. (2013), a produção de arroz no Brasil é proveniente do sistema de cultivo irrigado e de sequeiro, sendo a orizicultura irrigada responsável por 70% da produção nacional. Segundo IBGE (2013) no Brasil o Rio Grande do Sul é o maior produtor com 65% de participação na produção nacional de arroz. Em Gomes et al. (2008), relata-se que o Rio Grande do Sul é o Estado que mais produz utilizando o sistema de cultivo irrigado com lâmina contínua, elevando seu índice de uso de água para irrigação na agricultura, chegando a percentuais maiores que as médias mundial e nacional, de cerca de 83%. (NORONHA, 2008 apud GOMES et al., 2008; SCIVITTARO et al., 2010).

Neste cenário a irrigação é uma importante ferramenta para garantir a produção, pois as safras bem sucedidas estão muito relacionadas às boas condições climáticas. Quando as condições climáticas não forem satisfatórias,

verificam-se grandes perdas, como o que ocorreu na safra 2011/2012 no RS, em que a safra foi comprometida pela estiagem, característica em anos de *La Nina*. Segundo o relatório da Emater (EMATER, 2013) sobre as culturas de verão - soja e milho, na safra 2011/2012 o estado do Rio Grande do Sul sofreu uma das maiores reduções de produção com relação a safra anterior, conforme pode ser visualizado no Quadro 2.3 a seguir.

Quadro 2.3 – Produção da safra 2011/2012.

Cultura	Produção (milhões ton)	% redução em relação à safra 2010/2011
Soja	5,9	48,8
Milho	3,1	45,3

Fonte: Adaptado de EMATER (2013).

Na safra (2014/2015) para o estado do Paraná, o desempenho foi considerado inferior ao potencial inicialmente estimado devido às condições climáticas adversas no início do plantio, com estiagem e temperaturas elevadas (Conab, 2015), como o ocorrido em Minas Gerais onde as condições climáticas, de modo geral, não se mostraram favoráveis ao plantio da safra de verão. Este fato trouxe sérios comprometimentos à lavoura, que somente se recuperou após a retomada das chuvas bem distribuídas. Esta situação pode comprometer cada vez mais a produção nacional. Segundo os levantamentos da Conab a condição hídrica favorável encontra-se com restrições nas regiões produtoras (Conab, 2015).

2.3.1.3 Uso racional da água na irrigação

A agricultura irrigada, apesar da sua importância econômica e social, tem sido muito visada com relação aos aspectos ambientais e é lembrada como grande consumidora de água (LORENSI et al., 2010). Neste sentido diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de aumentar a eficiência do uso da água da cultura irrigada, sem que a produtividade seja minimizada. O Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (EMPRAPA) é uma das referências no Estado do Rio Grande do Sul. Destaca-se também o Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), que tem como objetivo promover o desenvolvimento sustentável do setor orizícola

do estado através da geração e da difusão de conhecimentos de informações e de tecnologias, bem como, propor políticas de interesse setorial e do consumidor.

Gomes et al. (2008) destacam uma série de estratégias que poderiam contribuir para uma utilização mais racional da água nas lavouras, sendo elas: a) sistematização do solo; b) otimização nos procedimentos operacionais; c) redução das perdas de água por infiltrações laterais e percolação; d) redução do período de irrigação; e) controle da altura da lâmina de água, no caso de irrigação por inundação; f) uso de sistemas intermitentes de irrigação; g) uso de cultivares mais resistentes, que apresentem alta produtividade; h) cultivo em solos apropriados; i) consideração da chuva efetiva na lavoura e j) melhoria da capacitação e treinamento em serviço das práticas poupadoras de água.

Quanto às perdas tem-se a eficiência do sistema de irrigação, que considera sua capacidade de fornecer a água que a lavoura demanda somada as perdas ao longo do sistema. Com isso, na análise sobre o uso da água na agricultura irrigada, deve-se considerar a exigência de água da planta e a água captada para a irrigação. A exigência de irrigação depende da água naturalmente disponível para as culturas (precipitação efetiva, a umidade do solo, etc.) e da exigência hídrica da cultura. Observa-se que a água retirada para a irrigação excede a vazão requerida de água de irrigação devido às perdas no sistema de irrigação (FRENKEN e GILLET, 2012).

Conforme observam Frenken e Gillet (2012) a eficiência do sistema é basicamente uma função da uniformidade de aplicação da lâmina de água, mas depende também de perdas com o escoamento superficial, vazamentos, fluxos na rede e drenagem, perdas inevitáveis (percolação profunda) e perdas resultantes de programação inadequada. Ainda segundo os autores em muitos países este controle sobre as perdas não é conhecido por não haver medição direta ou pelo alto custo de fazê-la. A EMBRAPA Milho e Sorgo (EMBRAPA, 2015) salienta que apesar de todos os benefícios e do alto investimento realizado pelos agricultores no Brasil, na maioria dos casos o manejo da irrigação não é uma prioridade. Entre as inúmeras causas pode-se citar a carência de dados relativos ao solo e ao clima, a falta de consultoria especializada, o desconhecimento dos métodos de manejo. Além de fatores que não motivam a eficiência no sistema de irrigação como os custos do bombeamento relativamente baixos e a realidade da implantação dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos como a cobrança pelo uso da água.

Outro fator que pode colaborar na economia de água para irrigação está relacionado ao tipo de disponibilização da água para a cultura, apenas mantendo a umidade do solo próxima da saturação. Em Stone (2005) o autor observa que este controle é pouco utilizado no Brasil devido aos altos custos de um sistema de irrigação eficiente, falta de capacitação dos usuários a sistemas de manejo da água, e controle de plantas invasoras que se desenvolvem melhor neste sistema.

Estas perdas refletem a qualidade do manejo da irrigação, sendo a baixa eficiência um fator de desperdício da água. Isso torna a atividade de agricultura irrigada menos sustentável, enfraquecendo seus argumentos na participação na competição pela água num trecho de rio com usos múltiplos. Por outro lado, o próprio licenciamento da atividade prevê o incentivo ao uso racional dos recursos, priorizando os projetos que incorporem equipamentos e métodos de irrigação mais eficientes (CONAMA, 2001).

A escolha pelo sistema de irrigação passa pela análise do método de irrigação, sendo os principais: superfície, aspersão, localizada e subirrigação (ANDRADE e BRITO, 2009). Ou seja, verificam-se as características de cada método e os aspectos que afetam o funcionamento do método, como efeito do vento, a declividade do terreno, entre outros. Deve-se observar também a rotação de diferentes culturas, de forma que o sistema de irrigação atenda a todas. Para essa situação, o sistema mais flexível é o de aspersão convencional ou pivô central (ANDRADE e BRITO, 2009). Nestes sistemas de irrigação por aspersão, as eficiências podem atingir valores entre 0,75 e 0,90 (ANDRADE e BRITO, 2009). Isso equivale a perdas de 10% à 35%.

2.3.1.4 Demandas hídricas das culturas

O ciclo de desenvolvimento e a época de semeadura de cada cultura são representados pelas demandas da cultura para estes períodos. Por isso a escolha do período de semeadura influencia na fase de maior demanda hídrica da lavoura, podendo esta coincidir com um período de menos chuvas, requerendo maior vazão a ser captada no rio.

A demanda hídrica da planta é a água necessária para o desenvolvimento da planta em seu ciclo, e diversas variáveis influenciam nesta quantidade de água. Esta demanda é suprida pela água das chuvas e pela água armazenada no solo.

Segundo Aguiar Netto et al. (1999) a água necessária ao crescimento vegetal encontra-se principalmente no solo, sendo necessário o conhecimento das inter-relações entre a água, o solo e a planta para o uso eficiente da água na agricultura.

Dentre as variáveis a serem verificadas tem-se a evapotranspiração (ET_c). A evapotranspiração é definida como o processo de transferência simultânea de água para a atmosfera por evaporação da água do solo, da vegetação úmida (que foi interceptada durante uma chuva) e por transpiração das plantas. Algumas referências de valores de ET_c podem ser representativas para ser utilizadas em modelos de balanço hídrico no meio agrícola. No entanto, a demanda hídrica suplementar varia de acordo com as condições climáticas.

Com relação ao milho, este é considerado como uma cultura que demanda muita água, mas também é uma das mais eficientes no uso da água (ALBUQUERQUE, 2010). Segundo dados adaptados de Allen et al. (1998), para diversas regiões do mundo, a duração do ciclo fenológico do milho para produção de grãos, varia de 110 a 180 dias, cujas fases 1, 2, 3 e 4 correspondem a 17%, 28%, 33% e 22%, respectivamente, do ciclo total. Quanto ao consumo de água os autores observam o total no ciclo variando entre 450 mm à 600 mm para o cenário de demanda evaporativa baixa e alta, respectivamente.

Conforme ALBUQUERQUE (2010) a variedade de ciclo médio, cultivado para a produção de grãos secos, consome de 380 mm a 550 mm de água em seu ciclo completo, dependendo das condições climáticas. Para as plantas sem qualquer tipo de estresse (abiótico ou biótico), os valores aproximados do consumo de água pela cultura são determinados por fase do ciclo e em função da Evapotranspiração de referência (ET₀). Para valores de ET₀ moderada (2,5 mm à 5,0 mm) e alta (5,0 mm à 7,5 mm) tem-se um consumo total de 500 mm e 550 mm, respectivamente.

Em BERGAMASCHI et al. (2001) tem-se que a cultura necessita de aproximadamente 650 mm de água para obter rendimento máximo durante seu ciclo que pode variar de 110 dias a 140 dias. Durante o florescimento, a cultura demanda cerca de 7 mm diários de água disponível no solo para as condições do estado do Rio Grande do Sul.

Em termos de volume de água, no RS o milho, em anos normais, a utilização da água suplementar fica em torno de 1600 m³/ha/safra. Em anos secos, este volume sobe para 3400 m³/ha/safra (SEMA, 2011) Para Embrapa (2010a) o ciclo médio tem duração entre 110 dias e 145 dias. O período de maior exigência de água

pelo milho ocorre na fase do embonecamento ou um pouco depois dele. Déficits hídricos que ocorrem nessa fase são os que provocam maiores reduções de produtividade. Segundo ALBUQUERQUE (2010) o déficit anterior ao embonecamento reduz a produtividade em 20% a 30%; no embonecamento em 40% a 50% e após em 10% a 20%.

Conforme Embrapa (2010b) o consumo de água pela planta nos estágios iniciais de crescimento, em um clima quente e seco, fica em torno de 2,5 mm/dia. Durante o período compreendido entre o espigamento e a maturação o consumo pode chegar de 5 mm a 7,5 mm diários. Se a temperatura estiver muito elevada e a umidade do ar muito baixa o consumo diário poderá atingir até 10 mm. Com relação à época de semeadura, tem-se um intervalo de tempo variando entre os meses de setembro a novembro, sendo que no Sul do Brasil o milho geralmente é semeado de agosto a setembro (Embrapa, 2010b). Para este Estado têm-se como resultado de um experimento que os rendimentos de grãos foram, em média, 15% e 48% inferiores na semeadura de agosto e dezembro, respectivamente, em relação à de outubro (Embrapa, 2010b). No método proposto o período de semeadura considerado foi o mês de outubro, com 120 dias de duração do ciclo. As demandas foram definidas pela média diária atribuída a cada dia de cada mês do ciclo.

Em relação à soja o rendimento de grãos está associado à variabilidade de fatores como a ocorrência de déficits hídricos e a relação da água no solo. Neste sentido são aplicados altos investimentos em lavouras de grandes culturas, o que retrata a importância da demanda hídrica para o desenvolvimento completo e eficiente das plantas, principalmente em períodos críticos de maior necessidade hídrica, como floração a maturação fisiológica de grãos. Neste período a demanda pode alcançar 7,5 mm/dia (KUSS, 2006).

Geralmente a obtenção de produtividade considerável na cultura da soja durante o ciclo depende da demanda hídrica entre 450 mm a 850 mm. A necessidade anual de irrigação varia de 224,2 mm e 396,9 mm em 80% do tempo com irrigação por aspersão; para a irrigação por sulco a necessidade anual seria entre 285,3 mm e 505,0 mm (CARVALHO et al., 2013).

Para o caso da soja no RS, conforme o prognóstico realizado pela SEMA (2011), em anos normais a utilização da água na irrigação fica em torno de 1700 m³/ha/safra. Para os anos secos, tem-se cerca de 3700 m³/ha/safra.

No que se refere ao manejo da cultura pela escolha da época de semeadura adequada para a região, é possível alcançar maior garantia de produtividade, pois é necessário considerar a disponibilidade hídrica apropriada para cada etapa do ciclo de desenvolvimento da planta, com menores chances de causar um estresse hídrico à mesma. Conforme Neto e Silva (2010), para a soja semeaduras tardias originam estresses em estádios vegetativos e reprodutivos resultando em redução de produção. Pitol e Broch (2012), Pitol e Roscoe (2014) evidenciam que isso se deve à menor profundidade das raízes e maior crescimento da parte aérea, somado à maior evapotranspiração com o aumento da temperatura e dias mais longos. Bem como a soja semeada cedo, dentro da época recomendada, torna a lavoura mais tolerante à seca, porque a soja tende a crescer menos e ter o sistema radicular mais profundo.

No método proposto o período de semeadura considera as cultivares e períodos de semeadura normalmente praticados na região do estudo. Conforme Embrapa (2010c) para as regiões Sul e Central do Brasil para a maioria das cultivares de soja indicadas, a época de semeadura concentra-se no período de 15 de outubro a 15 de novembro. A duração dos ciclos pode variar conforme as altitudes. Para altitudes até 500 m o ciclo fica entre 114 dias à 120 dias na soja convencional, de 114 dias a 128 dias para algumas cultivares transgênicas (EMBRAPA, 2010c). As demandas são definidas pela média diária atribuída a cada dia de cada mês do ciclo.

Vale ressaltar que as características de cada cultura, como o ciclo de desenvolvimento, a época de semeadura e a demanda hídrica da planta também variam conforme as cultivares, além das condições do ambiente em que está inserida. Neste sentido é observada a existência de diversas cultivares de soja e de milho, convencionais e transgênicas, sendo indicada a escolha da que mais se adapta à região produtora através de recomendações técnicas e poder de investimento do agricultor. A escolha da semente certa pode resultar em maior retorno na produtividade. Segundo Embrapa (2010a) a cultivar pode ser responsável por 50% do rendimento final da lavoura. Com relação a isso, prevendo as dificuldades de manejo da cultura frente à pouca garantia de chuvas bem distribuídas durante o ciclo, além de fatores como a mudança climática e suas consequências para a agricultura, empresas, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, realizam pesquisas para o desenvolvimento de cultivares mais resistentes ao estresse hídrico (Embrapa, 2014). Segundo a EMBRAPA estas

pesquisas resultarão em cultivares que poderão ser utilizadas num futuro próximo, mas isso depende de mais pesquisas, além da aprovação nos órgãos de controle, na Comissão Técnica Nacional em Biossegurança (CTNBio). Isso evidencia a irrigação como a maior garantia de boa produtividade da lavoura.

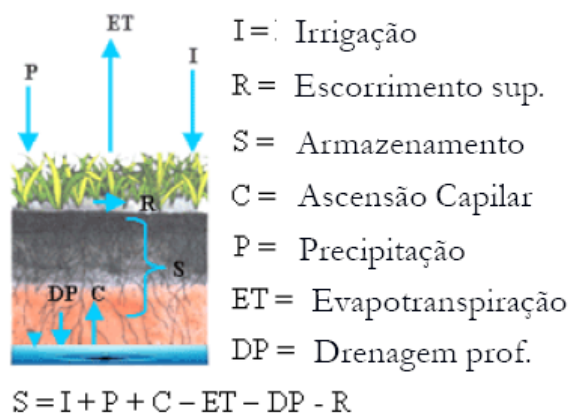
2.3.1.5 Armazenamento de água no solo

O balanço entre a água que entra pela chuva e a que sai por evapotranspiração irá resultar na variação do armazenamento de água no solo. Com relação à agricultura a capacidade de armazenamento de água pelo solo tem como função armazenar água para suprir a demanda hídrica da cultura. O valor refere-se à lâmina que pode ficar armazenada no solo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) numa profundidade do perfil do solo correspondente ao sistema radicular.

A lâmina de água que fica armazenada no solo e que pode se tornar disponível à planta é definida detalhadamente a partir do conhecimento do coeficiente de depleção da água no solo, da umidade do solo na capacidade de campo, da umidade do solo no ponto de murcha permanente, da densidade do solo e da profundidade efetiva do sistema radicular. Portanto, o seu valor é de complexa mensuração por envolver muitas variáveis e necessidade de medições de campo e trabalho com amostragens.

Na Figura 2.1 tem-se a representação das entradas e saídas consideradas no armazenamento durante o desenvolvimento da planta com a irrigação, onde a lâmina de água a ser repostada por irrigação depende da umidade do solo, a qual depende do balanço entre a evapotranspiração e a precipitação (SENTELHAS e ANGELOCCI, 2009). O valor armazenado “S” constitui a água que poderá ser utilizada pela planta.

Figura 2-1 – Entradas e saídas no sistema de cultivo.



Fonte: Sentelhas e Angelocci (2009).

No trabalho desenvolvido nesta tese se propõe a utilização de um coeficiente único para representação dos processos que influenciam no armazenamento. No método proposto é utilizado inicialmente um coeficiente de 50% chamado de PArm para representar o armazenamento depois de descontadas todas as entradas e saídas na simulação das demandas agrícolas com irrigação. Este coeficiente pode ser considerado aceitável no contexto de que a estimativa das demandas na irrigação para o objetivo deste trabalho são aproximadas, e servem para um balanço hídrico no trecho de rio com outros usos. É necessário enfatizar também que este coeficiente pode ser mais adequadamente dimensionado conforme um melhor conhecimento das características da região.

2.3.1.6 Políticas públicas para a irrigação

Com o objetivo de minimizar os efeitos negativos das estiagens os governantes lançam programas sobre irrigação para a construção de dispositivos que possibilitem o armazenamento da água excedente nos meses chuvosos e para sua utilização nos meses com estiagem. Dentre os dispositivos estão as cisternas, os reservatórios superficiais (açudes) e ainda sistemas de irrigação mais eficientes, Lei nº14328/13 (Rio Grande do Sul, 2013).

As políticas públicas que tratam da irrigação vêm sendo instituídas ao longo dos anos no país. No Brasil, em 1979 a Lei nº 6.662 instituiu a Política Nacional de Irrigação. Nesta lei pode-se observar como um dos fundamentos “a atuação principal

ou supletiva do Poder Público na elaboração, financiamento, execução, operação, fiscalização e acompanhamento de projetos de irrigação.” A lei cita os programas de irrigação com finalidade de desenvolvimento sócio-econômico de determinada área do meio rural, através da implantação da agricultura irrigada, sendo consolidadas a nível regional através de obras públicas.

Em 2007 o governo federal lançou o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura (REIDI), com o objetivo de beneficiar a implantação de obras de infra-estrutura nos setores de transportes, portos, energia, saneamento básico e irrigação (LEI Nº 11.488, DE 15 DE JUNHO DE 2007). Neste caso são beneficiados os projetos destinados à implantação de área irrigável mínima de cinco hectares, que visem acrescentar área irrigável mínima cinco hectares a projeto de irrigação já implantado, ou para a modernização da irrigação substituindo os sistemas ou equipamentos de irrigação já existentes por outros (PORTARIA Nº 89 DE 17 DE FEVEREIRO DE 2012). Considera-se como projeto o conjunto de obras de infraestrutura que, direta ou indiretamente, criem as condições adequadas à prática da irrigação em cultivos agrícolas. Dentre os documentos necessários para ingressar no programa tem-se Outorga de Água e o Licenciamento ambiental, quando cabível.

Em 2013 foi instituída a Política Nacional de Irrigação pela Lei Federal nº 12787. Na atual legislação tem-se, entre outros, como objetivo incentivar projetos privados de irrigação, com destaque aos Incentivos Fiscais, ao Crédito e o Seguro Rural.

No RS a Lei Estadual nº 13.063 de 2008 instituiu o Programa Estadual de Irrigação (PRÓ-IRRIGAÇÃO/RS), sendo revogada pela Lei nº 14.328 de 2013 a partir de fevereiro de 2014, que Institui a Política Estadual de Irrigação do Rio Grande do Sul, o Plano Diretor de Irrigação no Contexto dos Usos Múltiplos da água, o Conselho Gestor da Política Estadual de Irrigação e o Fundo Estadual de Irrigação. Com relação ao Plano Diretor de Irrigação no Contexto dos Usos Múltiplos da água (PIUMA) destaca-se a denominação de Territórios de Irrigação e Usos Múltiplos (TIUMA) como unidade de gestão dos usos múltiplos, no sentido de atendimento de mais agricultores em conformidade com os demais usos.

Os programas têm como principal objetivo proporcionar a minimização dos efeitos das estiagens nas lavouras do estado. Na política para irrigação fica

evidenciada a preocupação quanto ao aumento da produtividade das lavouras (sacas por ha) e o aumento de áreas com irrigação.

Com a irrigação efetivada deverá haver uma considerável contribuição para o aumento da garantia na produção, aumento da renda no setor rural e conseqüentemente na melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem da produção agrícola.

Basicamente os programas para a irrigação prevêm um contrato, entre o governo e o produtor interessado, em que o governo estadual subsidia/reembolsa parte da construção do dispositivo de armazenamento de água, além da abertura de crédito para o produtor desenvolver melhorias no seu sistema de irrigação.

A legislação estadual no RS, Lei nº 14.244, de 27 de Maio de 2013, Institui o Programa Estadual de Expansão da Agropecuária Irrigada – “Mais Água, Mais Renda”, coordenado pela Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio (SEAPA) (RIO GRANDE DO SUL, 2013). No programa o governo objetiva aumentar o volume de água reservada nas propriedades rurais para abastecer os sistemas de irrigação projetados além de prevenir os efeitos das estiagens e aumentar a segurança e a renda dos produtores, entre outros (Rio Grande do Sul, 2013). Para alcançar os objetivos propõe-se prover a licença ambiental e outorga, bem como o reembolso da primeira e da última parcela do financiamento, com percentuais de 100% a 50% conforme o porte do empreendimento.

Mais voltado à agricultura familiar, o programa estadual de irrigação Irrigando a Agricultura Familiar, de 2012, tem como objetivo principal a construção de reservatórios, como cisternas e açudes, e/ou sistemas de irrigação com subsídios do governo. No programa inclui-se a perfuração de poços e a qualificação dos usuários quanto ao uso racional da água. Neste programa há um limite de valor a ser subsidiado pelo governo estadual onde cada família terá subsídio de 80%, até o valor limite de RS 12000,00 para projetos de cisternas ou microaçudes e ou sistemas de irrigação. (RIO GRANDE DO SUL, 2012).

A Associação Sulina de Crédito e Assistência Rural/Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/ASCAR) é a executora do Programa Irrigando a Agricultura Familiar, da Secretaria do Desenvolvimento Rural, Pesca e Cooperativismo (SDR), criada pela Lei 13.601, de 1º de Janeiro de 2011, e é uma das executoras do Programa Estadual de Expansão da Agropecuária Irrigada, denominado Mais Água Mais Renda, da Secretaria da

Agricultura, Pecuária e Agronegócio (SEAPA). Segundo o relatório de atividades da EMATER/ASCAR (2012) em 2011 foram 1986 hectares beneficiados com os investimentos na reservação e irrigação pelo programa estadual para irrigação. No relatório de atividades da EMATER/ASCAR (2013) em 2012 foram 1123 hectares beneficiados com reservação de água e irrigação no estado.

Como se pode observar a preocupação em promover a garantia de água para as atividades que necessitam de irrigação ou aumento de produção é recente no estado. Além disso, há alguns impasses entre as interpretações da legislação da irrigação, dos programas e o órgão ambiental.

Recentemente a FEPAM emitiu uma nova Licença de Operação, para a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio do Estado do RS (SEAPA), referente à atividade do Programa de Expansão da Agropecuária Irrigada Mais Água, Mais Renda, incluindo sistemas de irrigação por aspersão ou localizada, beneficiando propriedades com reservatórios artificiais (açudes) com área alagada até 10 hectares e cuja área irrigada seja limitada a 100 hectares. Esta nova licença revoga as licenças de operação anteriores, unificando-as, e traz novas condicionantes para a melhor gestão ambiental do programa: os empreendimentos de irrigação deverão ter responsável técnico identificado tanto para a fase de projeto como para implantação e operação dos sistemas de irrigação.

Nestes programas salienta-se que todo o processo deverá priorizar o uso racional e a conservação dos recursos naturais, bem como o uso múltiplo das águas, em que pode haver a competição entre os mesmos. Portanto a licença ambiental e a outorga, inseridos neste contexto, são essenciais para o acesso aos programas.

2.3.2 Uso urbano

O saneamento pode ser entendido como um dos indicadores mais sensíveis do grau de organização da sociedade civil em busca do acesso à cidadania e da diminuição das desigualdades sociais. Entre as componentes de que trata o saneamento tem-se a poluição causada por despejos domésticos sem tratamento ou com tratamento precário provenientes de concentrações urbanas. A falta de

saneamento é um desafio na gestão dos recursos hídricos, principalmente em municípios sem rede de coleta e tratamento dos esgotos.

Conforme salienta Christofidis (2013) as principais debilidades qualitativas de água provêm de lançamentos quando o nível de tratamento não ocorre em conformidade com a capacidade de depuração dos corpos receptores. Com destaque aos resíduos de esgotos sanitários de populações em áreas urbanas, dos resíduos líquidos das indústrias e das agroindústrias. Quando esta situação ocorre, o despejo de águas poluídas no rio implica na preservação de um fluxo no rio para a diluição das cargas inseridas nestas águas. Este fluxo é definido pela vazão no curso hídrico em função carga poluidora e da concentração da carga ao ser diluída por esta vazão.

Isso torna o uso urbano concorrente com os demais usos de captação como o da irrigação, ou da geração de energia em situação de conformação de TVAs.

A precariedade ou falta de tratamento destes despejos é a realidade em muitos municípios brasileiros, principalmente os de menor porte. Conforme o Atlas do Saneamento, do IBGE (2011), com base na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, 69% do esgoto coletado no país recebeu tratamento, salientando que esse valor corresponde à apenas 28% dos municípios brasileiros. Isto causa um elevado impacto negativo no âmbito ambiental. No diagnóstico de 2013 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) publicado em dezembro de 2014 (Brasil, 2014) verificou-se que no tratamento dos esgotos o índice médio do país chega a 39% para a estimativa dos esgotos gerados e 69% para os esgotos que são coletados. Observa-se que não há, portanto, uma melhoria significativa em relação ao levantamento de 2008.

Com isso, ao se analisar a qualidade da água, observa-se a necessidade de se conhecer a concentração de poluentes associada a esta qualidade para sua classificação diante de limites aos usos. A concentração de um poluente permite definir qual é a quantidade de poluente que está presente naquele trecho, ou em uma seção específica de um rio. Isso torna a carga poluidora presente no corpo d'água uma informação importante para a gestão dos Recursos Hídricos, pois representa a quantidade de carga proveniente de uma população que, ao percorrer a rede, reflete a eficiência deste sistema.

A qualidade da água pode restringir outros usos. Para o uso para o abastecimento, por exemplo, a qualidade da água impacta os custos do tratamento

para que seja disponibilizada à população água potável. Outros usos, como a irrigação com captação em rios e a geração hidrelétrica também podem impactar na qualidade da água.

2.3.3 Geração de Hidroeletricidade

2.3.3.1 Histórico do setor energético nacional

No Brasil o aumento da demanda por energia elétrica e as condições de crescimento do país refletiram nas políticas do setor da geração de energia resultando em uma matriz baseada na geração hidrelétrica. No histórico do setor observam-se os diferentes momentos vivenciados no Brasil. Conforme o Documento do Banco Mundial BM (2008) o panorama histórico da transição do arcabouço legal do sistema elétrico nacional se apresenta dividida em três períodos:

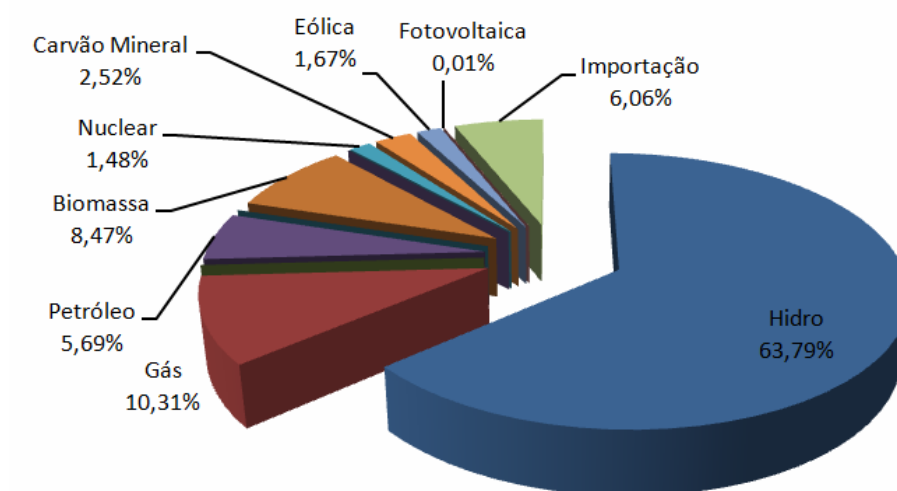
Antes de 1994, o período foi caracterizado inicialmente por um avanço significativo (fase desenvolvimentista de 1956 a 1961), e após por um travamento devido à crise no setor e aos cortes em função da dívida externa do país. Neste período destaca-se a legislação ambiental, que obrigavam o empreendedor, como um projeto de construção de usina, a realizar um Estudo/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). E isso torna os projetos mais demorados e onerosos.

Após 1994 o período é marcado com base na criação de um mercado competitivo de energia elétrica, com as Leis Federais nº 8.631/93 (fixação de preços e tarifas), nº 8.987/95 (regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos) e nº 9.074/95 (normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos) estabelecendo os fundamentos para este novo modelo. Destaca-se neste período a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com a Lei nº 9.427/96. Este período também é marcado pela intensa participação da iniciativa privada nos setores de geração, distribuição e comercialização, pelo fortalecimento do órgão regulador ANEEL e pela descentralização reguladora dos Estados, principalmente no que se refere à distribuição (BM, 2008). Foi nesta fase que ocorreu uma das maiores crises no setor, em 2001, com o racionamento de energia definido pelo governo para ajustamento de oferta e demanda.

Após 2004, enfrentada a crise pelo setor de energia elétrica, o Ministério de Minas e Energia (MME) passou a desenvolver estudos para superar os problemas do setor e propor alterações no marco regulatório.

O atual sistema de regulação do setor elétrico é definido pela Lei Federal nº 10.847, que autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética e pela Lei Federal nº 10.848 de 2004 que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica (BRASIL, 2004). A partir disso se procurou criar novas condições para investimento privado por intermédio do desenvolvimento de um projeto de reestruturação do setor elétrico com clareza nas atribuições de cada agente. Com isso o setor teve maiores garantias o que ocasionou maiores investimentos, que refletem o atual cenário de geração do país, em que a energia hidrelétrica representa a maior percentagem na produção nacional, conforme se verifica na Figura 2.2.

Figura 2-2 – Geração energia elétrica por fonte no Brasil (%).



Fonte: SFG (2014).

Dos mais de mil empreendimentos em operação no país, por fonte de produção, pode-se observar a capacidade expressiva da presença de usinas hidrelétricas (UHE) em comparação aos demais tipos de empreendimentos, conforme ilustrado no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Usinas em Operação em função do tipo de fonte utilizada

Empreendimentos em Operação				
Tipo		Capacidade Instalada		%
		Nº de Usinas	kW	
Hidro		1092	85.950.305	63,79
Gás	Natural	113	12.170.186	9,03
	Processo	39	1.725.423	1,28
Petróleo	Óleo Diesel	1.110	3.522.286	2,61
	Óleo Residual	34	4.149.613	3,08
Biomassa	Bagaço de Cana	378	9.339.426	6,93
	Licor Negro	16	1.530.182	1,14
	Madeira	49	422.835	0,31
	Biogás	23	80.659	0,06
	Casca de Arroz	9	36.433	0,03
Nuclear		2	1.990.000	1,48
Carvão Mineral		13	3.389.465	2,52
Eólica		109	2.251.773	1,67
Fotovoltaica		54	5.915	0

Fonte: SFG (2014).

2.3.3.2 Produção de energia elétrica: análise de cenários mundial e nacional

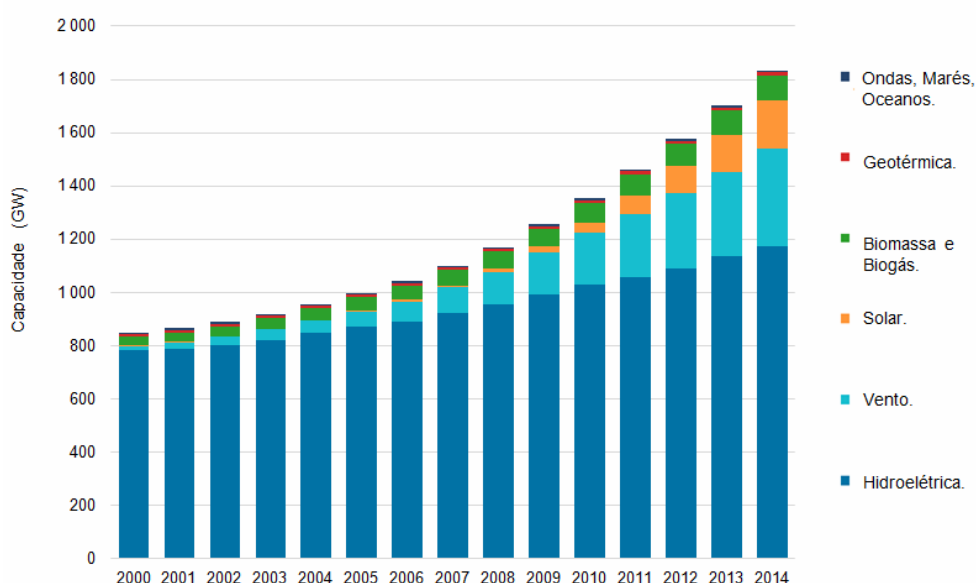
A produção de energia hidrelétrica pode estar inserida em um cenário de disputa pelo uso de recursos naturais. No relatório das Nações Unidas sobre o uso da água e energia WWAP (2014) os autores afirmam que a geração hidrelétrica normalmente está em conflito com os outros usos da água, notadamente com a irrigação. Por outro lado, com o aumento expressivo da população, especialmente em meios urbanos, das últimas décadas aumentou também a demanda por energia elétrica. O que caracteriza esta atividade como altamente necessária. A geração de energia através de usinas hidrelétricas é, portanto, fundamental no cenário atual de produção de energia, e conseqüentemente, nos conflitos pelos usos da água.

As hidrelétricas representam cerca de 20% da eletricidade do mundo em 2009 (WWAP, 2009). Mais recentemente vêm fornecendo cerca de 17% da produção global total. Deve-se observar que, no mundo, a principal fonte de geração utilizada é a do tipo térmica com mais de 60% do total (SFG, 2014). Embora a geração hidrelétrica não seja o principal tipo utilizado globalmente, se apresenta com uma forma eficiente de produção e energia. Isso trouxe uma pressão sobre os recursos naturais usados na sua produção, no caso a água.

Com relação à energia renovável, atualmente a geração hidrelétrica se destaca como a maior fonte utilizada no mundo, contribuindo com 1172 GW de capacidade instalada, conforme ilustrado na Figura 2.3 (IRENA, 2015).

Neste cenário, a China possui maior capacidade instalada com 301 GW representando 26% da capacidade total no mundo. Em seguida, destacam-se os Estados Unidos da América com 101,7 GW e o Brasil com 89,2 GW, representando 9% e 8% da capacidade instalada mundial, respectivamente (IRENA, 2015).

Figura 2-3 – Capacidade instalada mundial de fontes renováveis (total acumulado)



Fonte: adaptado de IRENA (2015).

Com relação as diferentes fontes de geração, a nível global, a capacidade instalada das usinas hidrelétricas cresceu aproximadamente 60% entre os anos de 1990 a 2010 (BEAN e THOMAS, 2013). Por outro lado, nos últimos anos percebe-se uma redução no ritmo deste crescimento, isso se comparado ao crescimento da instalação de outras fontes renováveis como sistemas eólicos e solares, como pôde ser visualizado na Figura 2.2. Este cenário global de desaceleração na energia hidrelétrica pode ser compreendido pelas seguintes justificativas:

- constante desenvolvimento tecnológico na fabricação e operação de sistemas de geração eólica e solar verificados nos últimos anos;
- incentivos impostos em alguns países para a instalação de parques aerogeradores;

- incentivos impostos em alguns países para a instalação de pequenos sistemas fotovoltaicos, atuando como fontes de geração distribuída – sistemas descentralizados de geração;
- preocupação cada vez mais crescente com os impactos ambientais provocados por grandes sistemas de geração de energia elétrica;
- presença de uma legislação mais autoritária e fiscalizadora para construção de novos empreendimentos de geração em grande escala, que propiciam um maior impacto ambiental;
- conscientização da população em geral sobre impactos ambientais de grandes empreendimentos, o que reforça a ação de uma legislação mais rigorosa;
- possibilidade da população em geral de participar efetivamente do sistema de geração de energia elétrica, não apenas como consumidor, mas também como vendedor de energia – autoprodutores com fontes de geração distribuída, principalmente com o uso de sistemas fotovoltaicos;

Por outro lado, considerando os aspectos citados, pode-se verificar que o cenário global, influenciado principalmente por países desenvolvidos que investem em novas tecnologias, não se enquadra à realidade nacional.

No Brasil grande parte da tecnologia de ponta é importada, o que implica em altos custos. Além disso, os sistemas de distribuição de energia não estão preparados para fontes de geração distribuída – tanto em aspectos tecnológicos quanto regulatórios. Ainda, ao invés de incentivos, usualmente se encontram barreiras para a instalação e conexão destas fontes nas redes existentes, inviabilizando, em muitos casos, a venda de energia em pequena escala por autoprodutores (BRIGNOL et al., 2014).

Também se salienta que no Brasil não há uma legislação autoritária e fiscalizadora, e não há a disseminação de informações suficientes para provocar uma conscientização da população brasileira sobre determinados impactos ambientais, como os que podem ser verificados em sistemas de geração hidrelétrica.

Com relação às outras formas de geração de energia elétrica, os de sistemas de geração eólicos e fotovoltaicos possuem uma fonte primária previsível e abundante, considerando estudos prévios do potencial de cada fonte para cada localidade específica, e ainda não propiciam praticamente impacto ambiental. Enquanto que os sistemas de geração de energia hidrelétrica podem causar sérios

conflitos pelo múltiplo uso de sua fonte primária – a água – e ainda causar impactos consideráveis ao meio ambiente, mesmo em empreendimentos de menor porte. Tais impactos são apresentados na próxima seção.

2.3.3.3 Impactos ambientais provocados por UHE

A construção de uma usina hidrelétrica requer o barramento do curso d'água e este tipo de intervenção tem impactos, que em muitos casos são irreversíveis para o ecossistema. Conforme a *World Water Development Report* (WWAP, 2009) dos 230 principais rios do mundo, aproximadamente de 60% são fragmentados por estas transformações, com consequências consideradas de moderadas a sérias.

Existem diversas formas de diferenciar UHE's, por exemplo, quanto à altura da queda de água, quanto à quantidade de potência instalada, quanto ao tipo de turbina utilizada para geração de energia elétrica, quanto à capacidade de regularização do reservatório, entre outras.

Como o foco desta seção é a apresentação dos impactos ambientais propiciados por UHE, é interessante optar pela análise da classificação quanto à capacidade de regularização do reservatório. Quanto à esta capacidade, as usinas hidrelétricas podem ser classificadas conforme o "Manual Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas" (ELETROBRÁS, 1984), da seguinte forma:

- a) De acumulação: constituída por um reservatório que garanta uma alimentação constante de fluxo nas turbinas, reservando águas afluentes no período de cheia e descarregando águas no período de estiagem.
- b) A fio d'água: quando a reservação eventual não tem a finalidade de regularizar as vazões, tendo o objetivo de sustentar a adução e manter a queda de projeto.

De modo geral, a construção de qualquer tipo de empreendimento hidrelétrico pode causar alterações no regime hidrológico, temperatura da água, transporte de nutrientes e sedimentos, alimentação de deltas, bloqueio na migração de peixes (DAILY et al., 1997), (BEAN e THOMAS, 2013). Também podem ser observadas perdas substanciais por meio de evaporação dos reservatórios (WWAP, 2009).

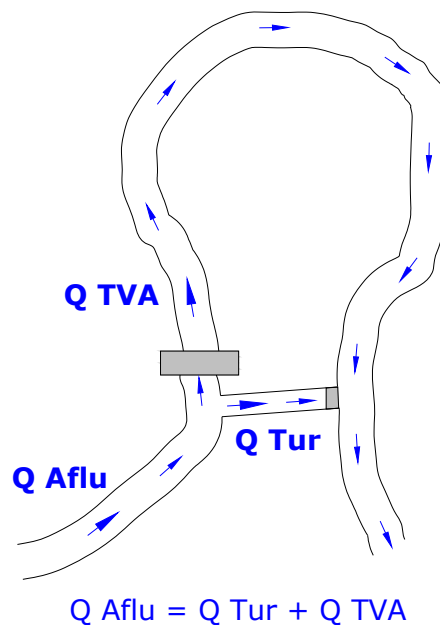
Em se tratando das usinas de acumulação, os principais impactos são causados pela constituição de grandes reservatórios que, conforme Souza (2009), altera os períodos de ocorrência de eventos de cheias desconectando rios em suas

direções longitudinal e lateral na cheia, e conectando além do usual na estiagem, pela regularização.

Para as usinas que operam a “fio d’água”, existem os casos com a geração no “pé da barragem” onde a casa de força é acoplada ao barramento e tendo a água vertida e turbinada juntas imediatamente após este barramento; e as que fazem a geração utilizando um trecho de vazão reduzida (TVA) onde a casa de força principal não está junto ao barramento (JAIN, 2015).

Neste último caso parte da vazão afluyente é liberada para o TVA e parte é desviada para ser turbinada, sendo esta última conduzida por túneis ou canais de adução até a casa de força, e na sequência somada à descarga escoada pelo TVA, quilômetros após. Como pode ser observado na Figura 2.4.

Figura 2-4 – Divisão do escoamento em aproveitamentos com TVA.



Fonte: Adaptado de UFSM/FEPAM (2006)

O principal impacto neste formato de usina é a criação de um “curto-circuito” no rio para aproveitar o declive topográfico natural, desconectando o rio longitudinalmente e alterando o regime no trecho de vazões reduzidas (SOUZA, 2009). A derivação de grandes vazões de cursos naturais também pode causar um impacto negativo na quantidade e na qualidade da água restante disponível para atendimento dos usos múltiplos para o trecho de rio. A quantidade de água que

permanece no trecho original pode ser suficiente para a manutenção dos diversos usos da bacia hidrográfica ou pode ser insuficiente e causar a disputa pelo recurso.

Neste último caso, pode resultar em uma situação mais crítica, com a interrupção da vazão neste trecho e a suspensão das atividades a ele relacionadas. Esta situação pode não ser aceita e deve estar prevista no processo de outorga e licenciamento de empreendimentos que utilizam a água desta forma. Há casos em que a utilização da água pode chegar ao limite da disponibilidade hídrica no rio (COLLISHONN, 2014).

Dentre as diversas situações relacionadas aos usos competitivos da água, que podem contribuir para o aumento dos impactos ambientais no TVA, destaca-se a irrigação e a diluição de cargas. Considerada uma das atividades com maior percentual de consumo, a irrigação representa aproximadamente 70% do consumo total (MAYERS et al., 2009). Por outro lado, como já discutido anteriormente, a irrigação propicia uma garantia da produção, considerando que a água proveniente das precipitações pode não ser suficiente ao completo e satisfatório desenvolvimento das plantas. Conforme Petry (2004), a água é o principal responsável pelas variações na produtividade e rendimento de grãos das culturas.

O aporte de cargas poluidoras no TVA pode resultar em uma situação ainda mais impactante. A partir deste aporte há uma alteração qualitativa na água do TVA, formando uma barreira para a manutenção de um padrão mínimo de qualidade, adequado ao enquadramento.

A manutenção da qualidade está associada à capacidade de diluição dessas cargas no TVA. Conforme Souza (2009) quanto maior o TVA, maior os impactos associados. Se no trecho de vazão reduzida existir uma contribuição significativa de carga orgânica, a vazão que está sendo mantida pela efluência da barragem poderá não ser suficiente para promover a diluição destas cargas e manter os níveis de qualidade dentro do padrão aceitável na legislação vigente.

Para que o uso hidroagrícola exista no TVA de uma usina hidrelétrica que recebe cargas poluidoras provenientes de uma área urbana, o planejamento da operação da usina deve considerar, além da demanda ambiental, a demanda das lavouras que dependem da mesma fonte de água. Mesmo no caso de captações para irrigação que ocorrem a montante da usina, a situação interfere nas vazões a serem turbinadas, pois estas serão menores após as captações para irrigação.

Portanto, para que o empreendimento contemple os múltiplos usos na região, é necessário um planejamento para obtenção do balanceamento da operação da usina com as demandas dos outros usos ao longo do TVA ou logo a montante, no caso da irrigação. Para que este balanceamento seja representativo, deve estar previsto no licenciamento ambiental com o regramento dos usos da água a partir de análises prévias, para que sejam decididos e limitados os valores disponíveis de água para cada usuário. Porém este é um desafio aos tomadores de decisão, porque envolve as condições ambientais e socioeconômicas de cada região em análise, contrapondo a dependência da geração hidrelétrica no contexto do país.

Deve-se enfatizar ainda a complexidade da avaliação destes múltiplos usos, já que o uso da água para irrigação, assim como o controle da capacidade de diluição das cargas poluidoras no TVA possuem um caráter local, enquanto a geração de energia em hidrelétricas, principalmente em UHE de médio e grande porte, possuem um caráter mais amplo uma vez que a eletricidade gerada nestas UHE são inseridas no Sistema Interligado Nacional (SIN), não contribuindo exclusivamente para a região onde está localizado o TVA.

Com relação aos impactos verificados em trechos de rio com vazões reduzidas diversos estudos abordam as questões ambientais, como o equilíbrio do ecossistema aquático e ribeirinho. Em Jain (2015) o autor enfatiza que no contexto da geração considerando o uso para manutenção ambiental, o conceito de sustentabilidade sugere que os ecossistemas devam ser preservados. Se a demanda atual excede o potencial renovável da água deve-se decidir o quanto de água utilizado diretamente para a demanda da sociedade e o quanto deve ser usado indiretamente para o equilíbrio dos ecossistemas.

Estas questões geralmente resultam em definir uma vazão ou um regime de vazões no TVA para que sejam contemplados os aspectos ambientais. Esta vazão é geralmente caracterizada com base na série histórica de vazões e em muitos casos com um valor fixo que pode ser considerado muito conservador, restringindo os usos da água no trecho.

Neste contexto os estudos atuais também demonstram a preocupação em não oferecer um ambiente com muita restrição de usos da água, pois as questões sociais e econômicas também devem ser apreciadas.

Um exemplo disso é o caso citado por Richter et al. (1997), em que os usuários da água para geração hidrelétrica questionam a necessidade de se manter um nível do rio em prol de espécies de peixes. Surge a discussão sobre o mínimo admitido para um rio sem grandes prejuízos aos peixes, por interesse de instalações de hidrelétricas. Com a finalidade de se buscar o limite para se manterem estas espécies, mas que também que possa atender aos demais usos, incluindo a irrigação.

2.3.4 Vazões Remanescentes

2.3.4.1 Aspectos gerais

Segundo Cruz et al. (2010) as vazões remanescentes no rio incluem a pulsação de interesse ecológico e a necessidade de manutenção de uma vazão de base ou mínima que atenda o padrão de qualidade do rio atribuído a trecho. Esta parcela da água destinada para fins ecológicos é um fator limitante ao processo de outorga e licenciamento na bacia, e cada vez mais exige respostas rápidas dos técnicos alocados nos órgãos/instituições ambientais.

A crise no setor de geração de energia agrava esta situação, resultando em uma pressão sobre o sistema de licenciamento ambiental de empreendimentos de geração hidrelétrica, pelas demandas por geração de energia. Segundo Cruz et al. (2010) isto é causado em parte pela abertura do setor de geração para a iniciativa privada e pela flexibilização das normas do setor elétrico para licenciamento de empreendimentos de geração.

Em geral, no Brasil, estas vazões são determinadas com base em valores mínimos a serem mantidos no trecho de rio, fixos e baseados em porcentagens de vazões mínimas disponíveis ou de permanência. Mas a evolução dos métodos e dos entendimentos sobre os processos naturais e ecológicos leva a uma maior consciência da necessidade de adoção de valores mais adequados para a busca do balanceamento entre o equilíbrio do ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Assim a definição dos valores de vazões ecológicas atrai a atenção e é objeto de diversas pesquisas com o desenvolvimento de metodologias que, além da manutenção da qualidade ambiental, representem melhor os processos

ecossistêmicos dependentes do regime natural de vazões do rio (POFF et al., 1997; SILVEIRA et al., 2010). Por outro lado existe a realidade de carência de dados de monitoramento necessários para as metodologias com maior representatividade e eficiência na função de preservação ambiental. Com isso os métodos desenvolvidos em locais efetivamente monitorados são difíceis de serem aplicados em locais sem dados, o que leva à necessidade de maior dedicação e criatividade na busca pelo equilíbrio do ambiente com as ferramentas disponíveis.

Uma das variáveis requeridas para possibilitar a continuidade das funções oferecidas pela água é a manutenção de vazões mínimas que suportem o ecossistema aquático (BENETTI et al., 2003). Os autores observam também que as vazões ecológicas podem ser estabelecidas ponderando-se diferentes graus de proteção ao ambiente aquático, considerando níveis de degradação, de restauração, de proteção e de diversidade genética.

No entanto, além do estabelecimento de vazões mínimas a serem mantidas no trecho de um rio, segundo Collischonn et al. (2005) há a preocupação também com a questão da modificação do regime hidrológico. Segundo estes autores a alteração do regime hidrológico é marcante a jusante de rios com obras de regularização e em pontos de captação para irrigação. Os barramentos podem resultar em vazões a jusante acima do limite mínimo da vazão ecológica, porém causam impactos devido à descaracterização quanto à variabilidade sazonal e interanual das vazões. Como resultado tem-se um empobrecimento da preservação ambiental.

Conforme Souza et al. (2008) o insucesso na preservação ambiental tem como um motivo a alteração de regimes hidrológicos quali-quantitativamente. Segundo (BUNN e ARTHINGTON, 2002) ao fixar as flutuações naturais de vazões de um rio, as barragens facilitam a bioinvasão. Em rios não regulados os pulsos de vazões atuam de forma seletiva eliminando os invasores não adaptados a estas condições (LYTLE e POFF, 2004). Como o que ocorre nas vazões baixas, com a perda de energia das águas, reduzindo sua capacidade de remoção dos sedimentos, resultando no assoreamento do trecho, a deposição de finos, e favorecendo ainda mais a implantação da vegetação ripária (UFMS/FEPAM, 2006).

Portanto, a manutenção dos pulsos é de importância ecológica e tem impacto nos ecossistemas ribeirinhos ao curso d'água (SARMENTO, 2007), atendendo aos critérios superiores de qualidade do ambiente. Isso tem aparecido nas propostas

mais modernas de prescrição de vazões ecológicas com ênfase na necessidade de alterar práticas tradicionais de aplicação de vazões constantes de estiagem para a adoção de regimes hidrológicos que permitam a preservação de processos ecológicos (SOUZA et al., 2008), como a definição de um hidrograma ecológico (COLLISCHONN et al., 2005).

2.3.4.2 Métodos para prescrição de vazões ambientais

Em Souza (2009) o autor apresenta uma revisão sobre as vazões ambientais. No trabalho destacam-se diferentes momentos no desenvolvimento de métodos na prescrição de vazões ambientais, com o foco na proteção de espécies de interesse comercial, no desenvolvimento econômico, na alocação de água de forma mais eficiente, até métodos mais modernos, onde os processos que ocorrem também são considerados, além de espécies de interesse comercial.

Em Cruz et al. (2010) os autores relatam um histórico sobre a prescrição de vazões ecológicas e apresentam uma revisão da ecologia de ecossistemas aquáticos e ribeirinhos relacionados aos cursos de água, com as teorias e com as metodologias existentes para proposição de vazões ecológicas para a gestão dos recursos hídricos. Os autores salientam que embora os métodos existam há bastante tempo, apenas nos últimos anos foram propostas novas abordagens de recomendações de vazões ecológicas sincronizadas com os avanços na ecologia teórica e com a gestão democrática dos recursos naturais. Também evidenciam que na prática um bom método é aquele que pode ser aplicado de acordo com diferentes objetivos de gestão e de disponibilidade de dados.

Segundo Sarmiento (2007) existem mais de 200 metodologias para a avaliação da vazão ecológica. Quanto aos tipos pode-se classificar em quatro: hidrológicas, hidráulicas, habitat e holísticas (SARMENTO, 2007; JAIN, 2015).

As metodologias hidrológicas utilizam dados hidrológicos (séries temporais de vazões diárias ou mensais), que, normalmente, estabelecem um percentual ou uma proporção da vazão natural para representar a vazão ecológica. Esses métodos têm como principal vantagem a dispensa de realização de trabalho de campo com relação aos habitats aquáticos, necessitando de uma pequena quantidade de informações para sua implementação, em geral apenas a série histórica de vazões. Dentre os métodos deste tipo tem-se o Método Q7,10, Análise da Curva de

Permanência, Método de Tennant, Método da Mediana das Vazões Mensais, Método da Área de Drenagem (COLLISCHONN et al., 2005).

Dentre estes métodos destaca-se o Método de Tennant ou Método Montana. É um dos mais utilizados para determinação da vazão ecológica, a nível mundial, e, nos EUA é o segundo mais usado (RICHTER et al., 1997; JOWETT, 1997; LANNA e BENETTI, 2002). É amplamente aplicado em todo o mundo via diversas formas modificadas, como novas propostas de critérios para a variabilidade espacial e temporal da vazão ecológica (LI e KANG, 2014). No Brasil é também o critério padrão adotado pela ANA (ANA, 2007). Na proposta do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco para o seu Plano de Recursos Hídricos o método de Tennant foi utilizado por ser considerado o mais prático e simples (CBHSF, 2004).

O método foi desenvolvido por Donald Tennant e é reconhecido por seus conceitos pioneiros sobre vazões ecológicas promovendo a importância de quantificar e proteger regimes de fluxo dinâmico sazonais nos rios em vez de vazões mínimas fixas (IFC, 2008). No método a vazão ecológica recomendada é calculada com base na vazão média de longo termo, calculada para o local do aproveitamento hidráulico, em que são utilizadas diferentes percentagens para o período seco e para o período chuvoso (TENNANT, 1976). A faixa Boa (20% em secas e 40% durante o período chuvoso) é considerada por muitos autores como suficiente para manter níveis adequados de sobrevivência (BENNETI e LANNA, 2003). Onde os parâmetros físico-químicos são mantidos em níveis satisfatórios para a maioria das espécies não pondo em risco a produção de peixes e a vegetação da zona ripária (REIS, 2007).

Vale ressaltar que a análise para definição da vazão ecológica segundo os métodos hidrológicos tem apenas o caráter quantitativo do fluxo, sem representar qualquer embasamento de cunho ecológico. No entanto, pode expressar uma condição de variabilidade das vazões representando o que é natural aos rios.

Nas metodologias hidráulicas consideram-se as mudanças em variáveis hidráulicas como perímetro molhado ou profundidade máxima, medidas numa única seção transversal dos rios. Um dos aspectos mais importantes deste tipo de método é a seleção das variáveis diretamente afetadas pela variação da vazão. Estas variáveis constituem um fator limitante para as espécies piscícolas ou outras espécies aquáticas (ALVES e HENRIQUES, 1994 apud DE PAULO, 2007).

Segundo COLLISCHONN et al. (2005) estas metodologias possuem maior consideração ecológica que os métodos hidrológicos, porém, os métodos hidráulicos necessitam de relações específicas para a região em estudo. Dentre os métodos deste tipo têm-se o Método do Perímetro Molhado e o Método das Regressões Múltiplas. Sendo o primeiro o mais utilizado.

As metodologias de habitat empregam o uso do habitat na avaliação da vazão ecológica. Elas geralmente resultam na determinação de uma relação de vazão-habitat para comparar alternativas de vazão ecológica ao longo do tempo (COLLISCHONN et al., 2005). Um dos métodos de simulação de habitats mais utilizados é o método *Instream Flow Incremental Methodology* (IFIM). Este método foi desenvolvido em 1982 pela *U.S. Fish and Wildlife Service*, nos EUA, para simular a qualidade e quantidade de habitats com variações nas vazões (SARMENTO, 2007). Foi desenvolvido pelo fato de que os métodos anteriores ao IFIM resultam em vazões mínimas que não ofereciam proteção suficiente para a manutenção da vida aquática (BENETTI et al., 2003). Este método é composto por procedimentos teóricos e computacionais interligados que descrevem características temporais e espaciais de habitat em consequência a uma dada alternativa de alteração do regime fluviométrico dos rios. É baseado no princípio de que a distribuição longitudinal e lateral dos organismos aquáticos é determinada, entre outros fatores, pelas características hidráulicas, estruturais e morfológicas dos cursos d'água.

As metodologias holísticas identificam os eventos críticos de vazão em função do critério estabelecido para variabilidade da vazão, para principais componentes ou parâmetros do ecossistema do rio. São metodologias que utilizam procedimentos distintos ou métodos para produzir resultados que nenhum outro procedimento e/ou método produziria sozinho (COLLISCHONN et al., 2005).

Ressalta-se que os métodos que determinam a vazão com o foco na ecologia das zonas ribeirinhas podem resultar em aplicações mais complexas, com necessidade de levantamentos mais específicos e um volume maior de informações.

Jowett (1997) salienta que alguns métodos podem ser mais bem adaptados para algumas condições do que os outros. Portanto para selecionar um método que é adequado às necessidades de gestão é essencial entender as implicações morfológicas e pressupostos ecológicos que sustentam métodos e os efeitos dessas premissas em avaliações de fluxo.

Considerando a realidade de falta de dados para a maioria das bacias hidrográficas brasileiras pode-se motivar a utilização de métodos mais simples, mas que proporcionem as condições para manutenção da vida aquática num trecho de rio ou que possam ser o marco inicial para um manejo adaptativo (CRUZ et al., 2010).

Benetti et al. (2003) citam exemplos onde as vazões recomendadas por um método mais complexo, como o IFIM, encontravam-se dentro da faixa de vazões estabelecidas por métodos mais simples, como os de Tennant, Vazão Aquática de Base e Curva de Permanência de Vazões, sugerindo assim a possibilidade do uso métodos menos complexos em situações de ausência de informações e recursos materiais e humanos.

No trabalho de Belico et al. (2013) os autores verificam a utilização de valores de vazões mínimas remanescentes exigidos pela legislação vigente com os valores obtidos por metodologias utilizadas em países desenvolvidos - Método de Tennant, Método do Perímetro Molhado e IFIM. No trabalho os autores aplicaram os métodos em dois trechos do Rio Formoso-MG, um com áreas mais preservadas, próximo à cabeceira e o outro com características acentuadas de degradação na porção inferior da bacia. Nos seus resultados ambos os trechos apresentaram valores de vazões residuais mínimas utilizados em legislação no Brasil inferiores a todas as metodologias analisadas. No trecho mais preservado a faixa Boa do Método de Tennant nos meses de estiagem e o Método do Perímetro Molhado se revelaram pouco superiores ao critério vigente por lei. Já a metodologia IFIM apresentou resultados expressivamente maiores. A sazonalidade para este método revelou-se similar ao Método de Tennant e ao regime hidrológico natural do rio. Comparando com o Método de Tennant obteve valores correspondentes ao da faixa ótima. No trecho mais antropizado a faixa Boa do Método de Tennant se mostrou próxima à vazão mínima exigida pela legislação nos meses de menor disponibilidade hídrica, sendo este método o que apresentou a sazonalidade mais parecida com a natural do rio.

Em Longhi e Formiga (2011) os autores reafirmam que, em situações de insuficiência de dados e/ou recursos materiais e humanos, se utilizem os métodos de menor complexidade e mais acessíveis. Os autores observam também a carência de metodologias desenvolvidas para aplicação em rios de regiões tropicais, por

apresentarem características distintas dos rios de regiões de clima temperado, originários da maior parte das metodologias para determinação de vazões.

No Brasil, os critérios e metodologias referentes à definição da vazão ambiental ainda encontram-se em fase de definição pelos Planos de Bacia. Cada estado adota critérios específicos, como a $Q_{7,10}$ ou um percentual da Q_{90} (ANA, 2007; SOUZA et al., 2008). Conforme Sarmento (2007) estes valores são definidos principalmente para uso nos procedimentos administrativos de licenciamento ambiental e concessão de outorga de água e construção de barragens.

Cruz (2005) apresenta uma metodologia para prescrições de regimes de vazões ecológicas em trechos com regularização ou alteração do regime de vazões original do rio. O autor considera a existência de nichos hidroecológicos que permitam os processos de adaptação e de sucessão das comunidades fluviais e ribeirinhas em outro patamar de variabilidades de vazões, reduzindo o risco de extinções locais de espécies. Esta abordagem acabou chamando atenção do órgão ambiental do Rio Grande do Sul, que encomendou estudo para aplicar esta abordagem para prescrição de vazões remanescentes para trechos de vazões alteradas de hidrelétricas (SILVEIRA et al., 2006).

Mais recentemente a ELETROSUL propôs aplicar a abordagem resultante no manejo adaptativo da Alça de Vazões reduzidas da UHE Passo São João, situada no rio Ijuí, RS (SILVEIRA et al., 2009). Em 2010 foram demonstrados os resultados desta proposição, com a publicação do trabalho da equipe de pesquisadores de universidades, em parceria com a FEPAM e a ELETROSUL no estabelecimento de vazões para manutenção dos processos ecossistêmicos em trecho de vazões alteradas por barramento de UHE. O método denominado aqui de Silveira et al. (2010) é apresentado no item a seguir.

2.3.4.3 Método Silveira et al. (2010) para alça de vazão reduzida

Reunindo a experiência e considerando as dificuldades de monitoramento nas bacias brasileiras Silveira et al. (2010) em parceria com a FEPAM e a ELETROSUL desenvolveram um método para definição do hidrograma a ser mantido em trechos de rio com vazões alteradas por barramento. O método proposto por estes autores teve o estudo de caso realizado na alça de vazões reduzidas pela UHE Passo São João, no Rio Ijuí, disponível em Silveira et al. (2010).

O grande destaque é que o objetivo do método Silveira et al. (2010) não é definir normas técnicas ou novas tecnologias de aplicação de métodos, mas sim definir critérios com uso de metodologias existentes para a execução dos estudos e/ou projetos no contexto do processo de licenciamento ambiental, com prazos relativamente curtos. Considera-se a realidade de que a escala de tempo necessária para que se alcancem níveis satisfatórios de aceitabilidade social com resultados confiáveis é incompatível com os prazos médios necessários para os melhores métodos. Estes métodos necessitam de tempo e quantidade de dados maior para a definição do regime quali-quantitativo de um rio para que sejam cumpridas as suas funções, como os padrões de qualidade das águas, regulamentada na forma da legislação ambiental, ou a conservação dos ecossistemas que são definidas na legislação de forma muito difusa e imprecisa (SILVEIRA et al., 2010).

No quadro 2.5 a seguir, têm-se as etapas do método proposto pelos autores para a prescrição de regime de vazões remanescentes em trechos de vazão reduzida pela implantação de UHE.

Quadro 2.5 – Prescrição de regime de vazões remanescentes.

Fase	Atividade	Metodologia
1	Leitura da série de vazões afluentes ao aproveitamento	Avaliação hidrológica
2	Determinação da franja de tensão	Avaliação ecológica
3	Determinação da vazão basal	Estimativa de vazão para manter a qualidade da água e para manter os outros usos nos trechos de vazão reduzida
4	Prescrição do Regime de Vazões Remanescentes a ser atendido	Sobreposição da franja de tensão com a vazão basal
5	Validação das regras operativas da Usina por meio de simulação hidroenergética	Avaliação das vazões a jusante do aproveitamento nos trechos de vazão reduzida por meio de balanço hídrico

Fonte: SILVEIRA et al. (2010).

Na fase 1, chamada Avaliação Hidrológica, é definida a série histórica de vazões afluentes ao empreendimento. Na fase 2, Avaliação Ecológica, se define o intervalo de cotas que deve ser minimamente preservado no trecho: a franja de

tensão. Na fase 3, Determinação de Vazão Basal, se avalia limites inferiores de vazões de base (mínimas) que devem ser escoadas no trecho de vazão alterada em cada período do ano – mês a mês para manter o padrão de qualidade da água do rio, dentro do enquadramento atual, e os outros usos existentes. Na fase 4, Prescrição de Cenários de Regimes de Vazão Alterada ou Reduzida, são simuladas as vazões de base com a sobreposição da franja de tensão para manter a flutuação de níveis com interesse ecológico. E finalmente, na fase 5, chamada Validação da Regras Operativas, realiza-se a simulação da operação da usina obedecendo aos diferentes cenários estabelecidos na fase 4.

Com isso determina-se o cenário de prescrição a ser adotado para o início de operação da usina, e que pode ser alterado, caso este cenário não garanta a integridade do sistema. Esta mudança pode ser acionada pelo monitoramento em tempo de real da qualidade da água. O monitoramento citado permite corrigir de forma eficaz algum desequilíbrio na qualidade da água, sendo definido, segundo os autores do método, como o gatilho sanitário. Para isso, os autores propõem estudos relativos à realização de monitoramento em tempo hábil de serem corrigidas as alterações indesejadas. Este estudo foi apresentado por da Silva (2012). O autor conclui que nestes casos, o uso de uma estratégia expedita de monitoramento da qualidade da água em tempo quase real é suficiente para uma resposta rápida sobre as condições da água no trecho avaliado. Para isso o autor propõe o uso de uma sonda multiparamétrica e a utilização do oxigênio dissolvido como parâmetro de avaliação no monitoramento.

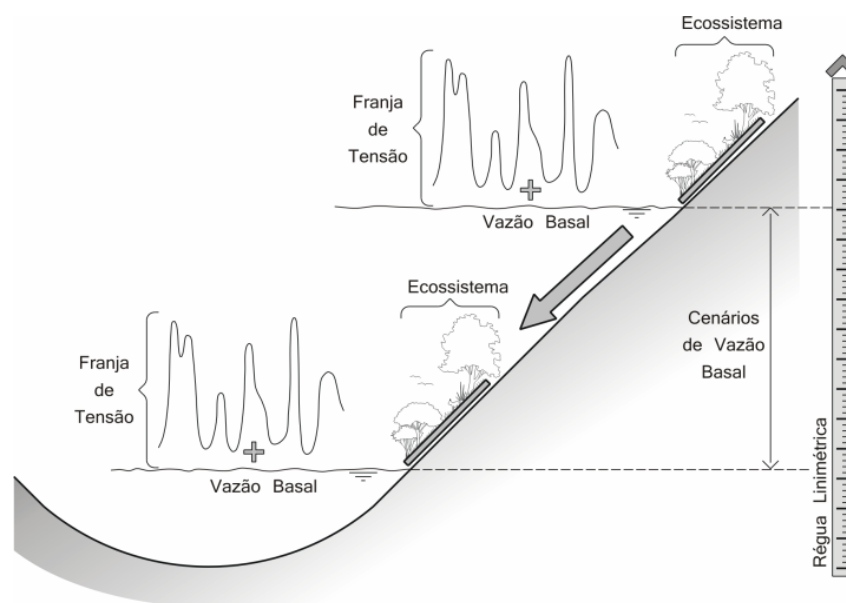
A avaliação ecológica, representada pela definição de um regime de pulsos, (franja de tensão) no trecho de vazões alteradas é definida conforme proposto por Cruz (2005). Esta franja de tensão é sobreposta a uma vazão basal mínima sazonal para o atendimento da qualidade da água conforme o enquadramento, e para os demais usos, considerando o conceito “marco zero”, conforme proposto por Cruz (2001).

Na definição da franja de tensão o método proposto por Silveira et al. (2010) e com base em Cruz (2005) pressupõe uma adaptação do ecossistema a um novo patamar de flutuações das vazões. Ou seja, que em trechos de rios com captações diretas ou desvio do fluxo as variabilidades do regime de vazões podem ocorrer com o rebaixamento dos níveis de vazões alcançados após a retirada ou desvio de água do curso natural nos períodos de estiagem. Nestes casos o regime de vazões pode

ser mantido, porém em um patamar diferente. Desta forma haverá a variabilidade sazonal, mas esta poderá ocorrer, por exemplo, a um nível mais baixo durante os períodos de estiagem ou na época da irrigação.

Na Figura 2.5 é apresentada a lógica desta abordagem com os pulsos de importância ecológica e um fluxo basal que mantenha a qualidade da água no padrão de enquadramento e os outros usos do rio (Silveira et al., 2010). Nesta situação tem-se também que para manter os pulsos de interesse ambiental em níveis altos necessita-se de um volume maior de vazão, bem como, é preciso uma quantidade menor de vazão para manter a variação da franja de tensão em um patamar inferior. Isso se deve a não linearidade na relação entre cotas e vazões em uma seção de rio.

Figura 2-5 – Regime de vazões remanescentes: adaptação de ecossistemas.



Fonte: Silveira et al. (2010).

2.3.4.4 Vazões ecológicas na UHE Passo de São João (Cruz et al. 2010).

A instalação desta usina se insere em um cenário sem conflito entre usuários. Por questões de não garantia da manutenção da qualidade da água o empreendimento teve a licença de instalação (LI) emitida para as condições de garantir a qualidade da água. Assim o órgão ambiental emitiu a LI em 2010,

mediante o cumprimento das seguintes restrições quanto as vazões remanescentes no TVR: “a energia gerada deverá ser compatível com a proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres, e a manutenção dos usos atuais através da definição das vazões remanescentes que garantam, no mínimo, as condições da classe II de enquadramento”.

Quanto ao regime de vazões é citada a utilização do conceito de vazões mensais (não um valor constante), com base na franja de tensões definida pela vazão de base. No texto da LI tem-se a citação da vazão do método de Tennant em comparação aos cenários indicados para definição do ponto de partida para o manejo adaptativo. Na licença de operação (LO) desta usina, emitida em 2012, foram definidas as vazões prescritas para a alça de vazão remanescente, conforme cenário escolhido visando manter-se a classe de enquadramento do trecho. Relata-se também que a vazão remanescente deve ser suficiente para assegurar a preservação da biota aquática a jusante, bem como os usos existentes durante a operação da UHE. Admite-se ainda que o conceito de uma prescrição de vazões com variação mensal (e não um valor constante), a partir de uma “franja de tensão” definida a partir de uma vazão de base, é adequada para a definição do regime hidrológico para TVA.

Em outros casos de empreendimentos de barragens no curso d’água para geração de energia elétrica, a FEPAM tem emitido as licenças ambientais LI e LO, com as condições e as restrições quanto às vazões a jusante do empreendimento, no TVA. Na licença de operação da UHE São José, também no rio Ijuí foram definidas como condições e restrições: “a energia gerada deverá ser compatível com a proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres, e a manutenção dos usos atuais através da definição das vazões remanescentes que garantam, no mínimo, as condições da classe II de enquadramento até que o mesmo seja definido na bacia do rio Ijuí”. Durante a operação do empreendimento deverá ser assegurada a vazão mínima remanescente igual a Q_{95} . Sendo que a operação do sistema deverá manter a vazão remanescente, mesmo que seja necessária a diminuição da potência gerada.

Voltando à UHE Passo São João, foi realizada a avaliação ecológica, conforme a análise de frequências e da vegetação ribeirinha e determinou-se uma variabilidade intra-anual para vazões que implicam em um valor máximo, em termos de cotas, de 48 cm distribuídos de forma variável, mês a mês. Esta variabilidade de

níveis (franja de tensão) foi simulada para ser mantida sobre diferentes patamares de vazões basais mínimas. Estas vazões basais sustentariam a qualidade da água e os outros usos da água no TVA em cenários, variando de $3\text{m}^3/\text{s}$ até $17\text{m}^3/\text{s}$.

Do levantamento dos usos no TVA não foram registrados captações ou despejo de cargas poluidoras. Sendo que as vazões basais dos cenários hipotéticos servem de manutenção da qualidade da água e para os usos como recreação, pesca e beleza cênica. Por fim para cada cenário foi realizada uma simulação hidroenergética indicando o percentual do valor de vazão afluente a barragem que foi turbinada e qual a parcela que passa para a alça em cada situação de vazão de base sobreposta pela franja de tensão.

2.4 Síntese

As vazões remanescentes representam o fluxo que permanece no rio e podem conter, além das vazões ecológicas, as vazões para atender a necessidade dos outros usos como a irrigação, hidroeletricidade e urbano. Tem-se também os usos relacionados à migração da ictiofauna, lazer, beleza cênica, entre outros.

Estes usos podem resultar na competição pela água quando se configurar um arranjo em que todos possuem a mesma fonte. Neste contexto, cada uso pode ter um impacto no ambiente, mas também em relação a outro uso. Estes impactos devem ser mensurados e discutidos para promover a utilização racional da água.

Relativo à hidroeletricidade e à irrigação observa-se uma preocupação com o aumento da demanda por energia, assim como na demanda por produção de alimentos. Mas também se percebe os impactos do aumento da produção e da produtividade necessários para abastecer a estas demandas, principalmente quanto aos recursos naturais, como a água. Sugerindo que se deva fazer a produção dentro da filosofia do desenvolvimento sustentável.

A crescente demanda da agricultura e de outros setores, como a geração hidrelétrica, está levando à competição pela água, resultando em estresse ambiental e tensão socio-econômica (FAO, 2011). Isso impulsiona a necessidade de fazer a gestão para o uso múltiplo da água. O *World Water Assessment Programme* (WWAP, 2009) sugere que a gestão de forma adequada para usos múltiplos em usinas hidrelétricas pode permitir benefícios como a regulação do fluxo e gestão de

inundações, água para irrigação e potável durante as estiagens, bem como uma resposta rápida às flutuações da demanda devido a variações de pico.

Mas além destes benefícios, a gestão dos recursos hídricos tem o papel de estabelecer critérios para a alocação adequada de água para usos diversos, e com isso permitir o balanceamento entre as atividades que precisam deste recurso, como irrigação, diluição de cargas e geração hidrelétrica. Este balanceamento tem consequências que podem influenciar em aspectos sociais, econômicos e ambientais. Isso pode resultar em conflito pela disputa do recurso.

A crise no setor de energia e os tímidos investimentos em outras fontes de geração contribuem como um argumento muito forte para a disputa entre a geração hidrelétrica e os outros usos da água no TVA. Por outro lado, a produção de alimentos tende a crescer e a garantia de produtividade e a produção estão relacionadas ao uso da água nos cultivos, o que representa também um bom argumento para se estabelecer este uso como competitivo no TVA.

Já a diluição de cargas poluidoras entra como um uso, que embora seja menos nobre, também deve ser considerado. Ainda mais ao avaliar as condições do setor de saneamento no país. Por outro lado é um competidor que pode ter sua parcela diminuída diante de melhorias neste setor. Enquanto isso não acontece a vazão destinada para a diluição de cargas tem como argumento a manutenção das condições mínimas da qualidade da água no trecho de rio analisado. Sendo estas condições mínimas, consideradas um outro uso do trecho, que garantem o equilíbrio do ambiente estabelecendo um regime de vazões a serem mantidas no trecho em análise (vazões ecológicas).

As vazões ecológicas têm impacto nos demais usos, e por serem prioridade, estas vazões devem ser consideradas essencialmente na avaliação da disponibilidade hídrica para a outorga. Ou seja, estas vazões produzem as condições de contorno para as avaliações entre os usuários competitivos do TVA.

Isso é observado na licença de operação emitida pelo órgão ambiental na usina deste estudo. Na LO ficou definido o regime de vazões ecológicas que não degrada a qualidade da água no TVA, assim como contempla as questões ecológicas com a manutenção dos pulsos.

Desta forma, para se verificar a competitividade da água no TVA podem ser considerados os impactos e os benefícios de cada uso em cenários diversos. Esta proposta é apresentada no item a seguir.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo e dados utilizados

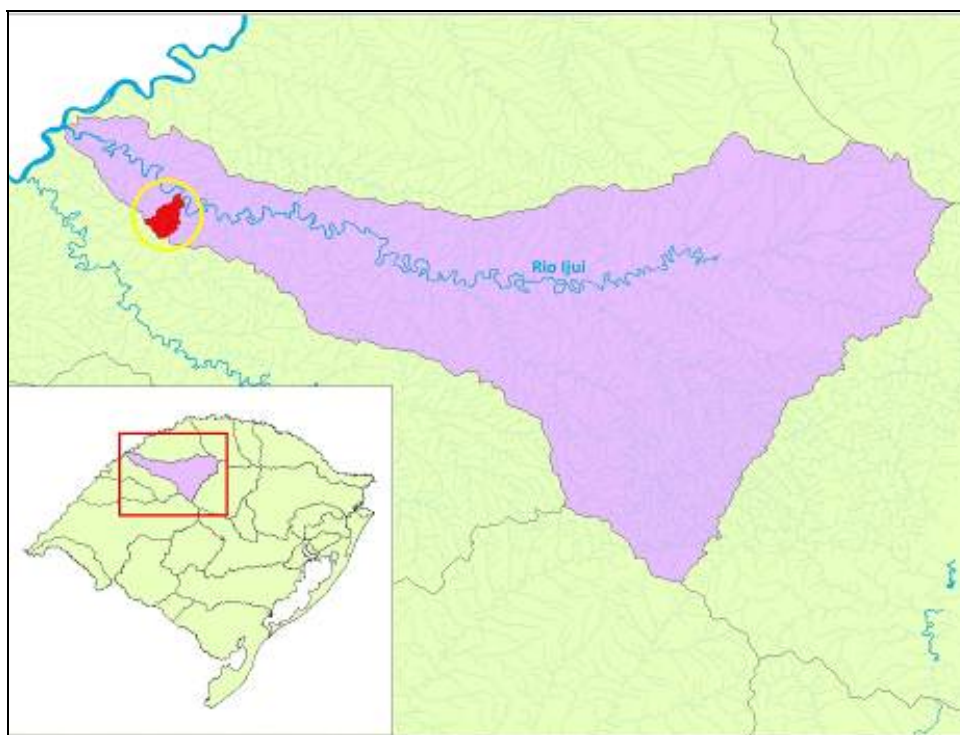
3.1.1 Bacia Hidrográfica e Usina Passo São João

O estudo está vinculado a um trecho de aproximadamente 4 km de extensão, que apresenta as vazões alteradas pela a UHE Passo São João, localizada no Rio Ijuí, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Ijuí, no estado do Rio Grande do Sul, no Sul do Brasil. A bacia do Rio Ijuí situa-se na região norte-noroeste do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas 27°45' e 26°15' de latitude Sul e 53°15' e 56°45' de longitude Oeste, abrangendo total ou parcialmente 36 municípios, com uma área de drenagem de 10.649,13 km². Seus principais formadores são os rios: Ijuizinho, Conceição, Potiribu, Caxambu, Faxinal, Fiúza e Palmeira. A bacia do Rio Ijuí tem formato aproximadamente triangular, com dimensão de 185 km no sentido Leste-Oeste. No sentido Norte-Sul a bacia tem maior dimensão na porção Leste, com aproximadamente 110 km, reduzindo gradativamente até 15 km na porção oeste da bacia, junto ao Rio Uruguai. Figura 3.1.

Tendo por base a contagem realizada pelo IBGE em 2007 e considerando as proporções das áreas dos municípios que se encontram na bacia hidrográfica, a população estimada na bacia é de 267.775 habitantes. Deste total estima-se que 75,8% dos habitantes estejam em área urbana e 24,2% dos habitantes em área rural.

A maior parte dos remanescentes de vegetação arbórea nativa está nas margens de cursos d'água e de nascentes, locais com dificuldade de acesso e/ou baixa aptidão agrícola. O solo da região tem uso principalmente em áreas de agricultura, campos e matas, Figura 3.2. As atividades econômicas desta bacia, de maneira geral, estão ligadas ao setor primário, predominando as lavouras de soja. Segundo o diagnóstico apresentado pela SEMA (2007) o milho também se destaca como uma das principais culturas na região.

Figura 3-1 – Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí.

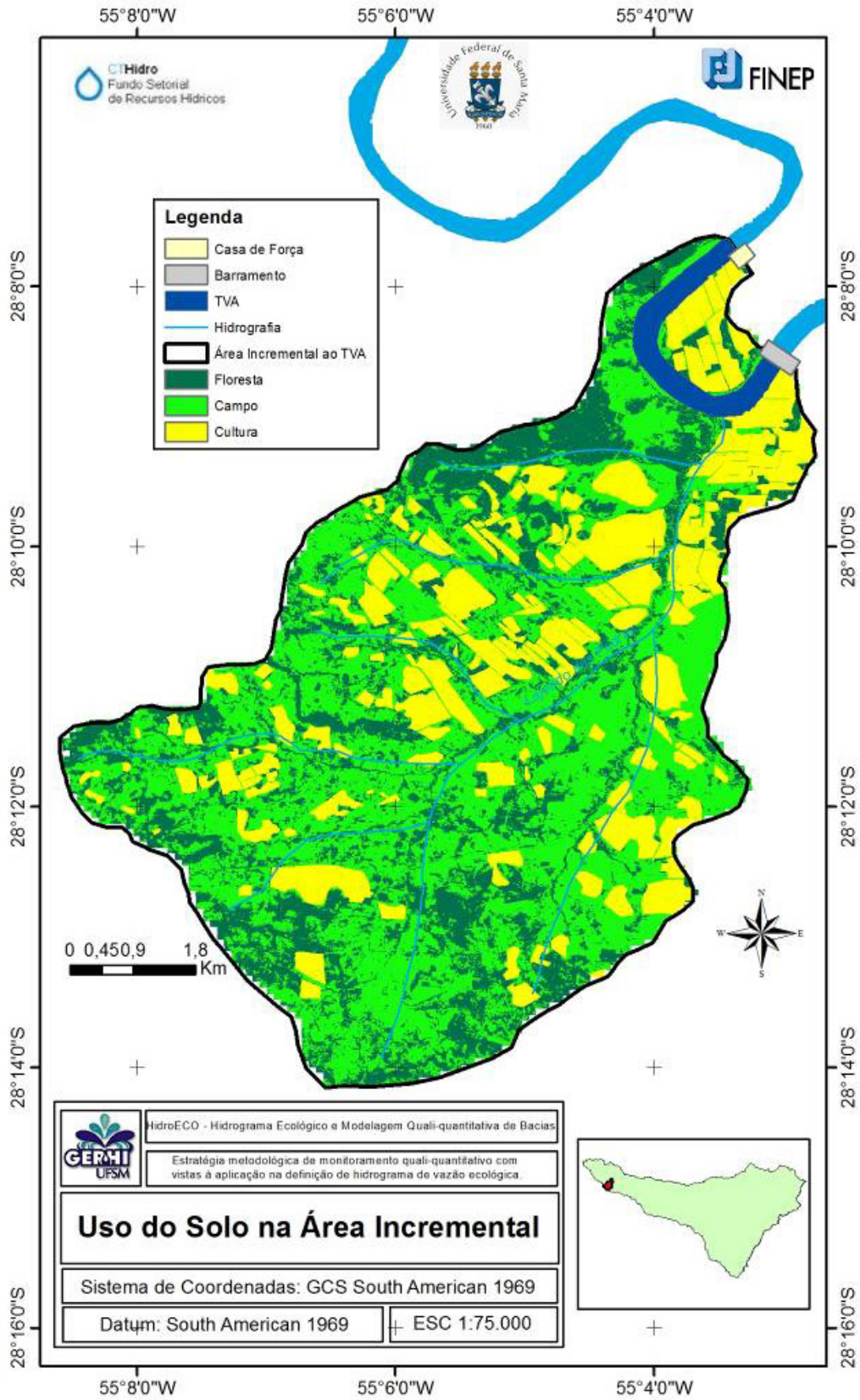


Fonte: Hidroeco, 2012.

Alguns municípios desta bacia apresentam também os setores secundários e/ou terciários mais desenvolvidos. Destacam-se neste setor os municípios de Ijuí, Santo Ângelo e Cruz Alta, este último divisor de águas entre as bacias do Ijuí e do Jacuí.

Segundo Kuinchtner e Buriol (2001), pela classificação climática de Köppen, o clima do Estado do Rio Grande do Sul é do tipo Cfa e Cfb, úmido em todas as estações do ano, verão quente e moderadamente quente. O Cfa predomina na maior parte do Estado. Em Rossato (2011) está descrito que o Estado do RS é definido por classificações consagradas (Trewartha e Köppen) como área de clima subtropical úmido, ou segundo define Köppen, clima temperado chuvoso e moderadamente quente. Possui temperatura média anual entre 17°C e 20°C e chuvas oscilando entre 1500 mm e 1700 mm no ano.

Figura 3-2 – Trecho de vazões alteradas e área incremental.



Fonte: Hidroeco (2012).

Nos meses de verão ocorrem chuvas mais intensas do que nos meses de inverno. Por outro lado, nos meses de verão têm-se as maiores taxas de evapotranspiração devido às altas temperaturas (ROSSATO, 2011).

Outro fato que pode caracterizar as precipitações é a variabilidade interanual. Os fenômenos La Niña e El Niño causam estiagens durante anos de La Niña e cheias em anos de El Niño (BERLATO e FONTANA, 2003 apud STRECK et al., 2009). Tem-se também a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Segundo Streck et al. (2009) nos anos da fase quente da ODP a precipitação pluviométrica é mais elevada do que na fase fria da ODP.

Quanto à disponibilidade hídrica, segundo o diagnóstico das disponibilidades hídricas superficiais para o RS (SEMA, 2007), a bacia do Rio Ijuí não apresenta situação crítica. No diagnóstico o valor estimado para a bacia foi de 58,65 m³/s com permanência de 90% e de 40,69 m³/s para a Q₉₅. No relatório também se observa que na bacia há pouco armazenamento superficial, como em barragens ou açudes.

A bacia hidrográfica do Rio Ijuí apresenta potencialidade de geração de energia hidrelétrica, inventariada no "Inventário Hidrelétrico da Sub-bacia 75" – Convênio SOPSH/ DRH/ CRH-RS-SEMC/ CEEE – Outubro de 2000.

O comitê de gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí foi criado pelo Decreto Estadual nº 40.916, de 30/07/2001.

Com relação ao enquadramento a bacia hidrográfica do rio Ijuí possui trechos em classe 1 e 2 definidos conforme o Conselho estadual de Recursos Hídricos na Resolução nº 111/2012 da SEMA. Sendo para o trecho do presente estudo definida a classe 2 de enquadramento.

No relatório da SEMA (2007) o crescimento esperado nas demandas hídricas anuais por uso consuntivo na bacia, com uma projeção para 2026, é de 75%, sendo para a irrigação esperado, segundo este prognóstico, um aumento de 137%. Estes valores têm como base estudos sobre as projeções futuras de crescimento no Estado.

Embora este crescimento esteja enfraquecido por uma crise econômica, tendo em vista a participação do estado na produção agrícola brasileira se observa o grande potencial de crescimento das demandas hídricas de irrigação por soja e milho na bacia. Para a irrigação em terras altas, ou seja, na região que inclui a bacia de estudo – do Rio Ijuí – o prognóstico prevê um aumento de 105 mil hectares, totalizando 180 mil hectares irrigados até 2026.

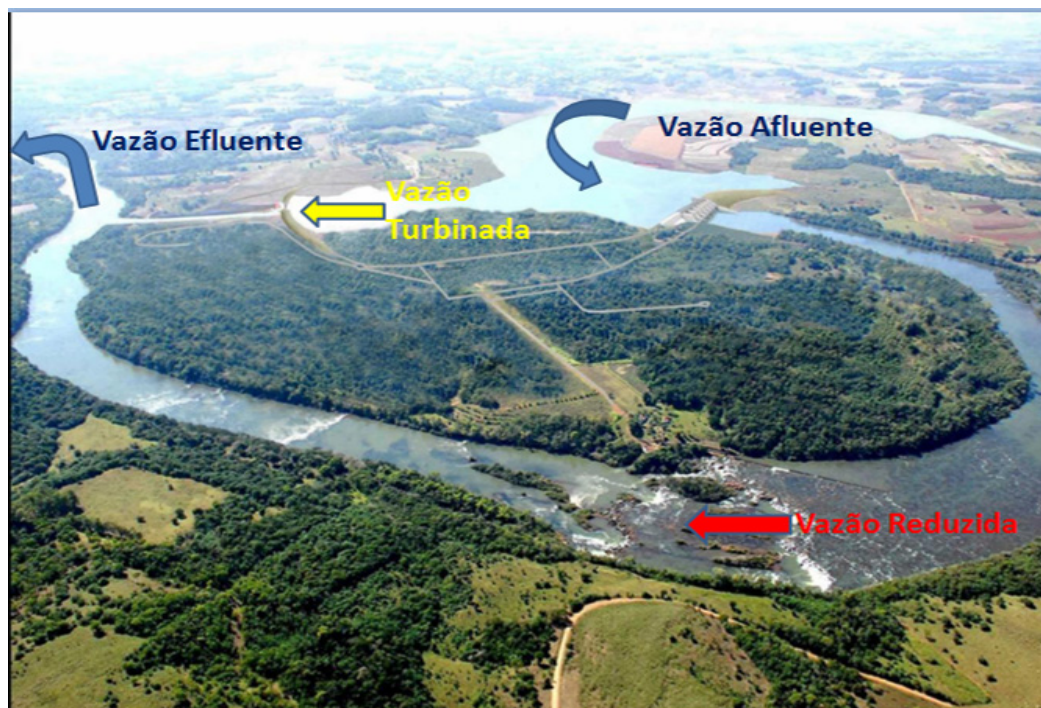
No relatório do plano estadual de recursos hídricos tem-se que a caracterização de conflitos na bacia se deve principalmente à implantação acelerada de sistemas de irrigação com pivôs centrais e aos novos aproveitamentos hidrelétricos. (SEMA, 2007).

Nesta bacia está localizada a UHE Passo São João (UHEPSJ). A UHEPSJ é um empreendimento da Eletrosul Centrais Elétricas SA. A Eletrosul foi criada em 1968 e autorizada a funcionar pelo Decreto nº. 64.395, é uma empresa pública controlada pela Eletrobras e vinculada ao Ministério de Minas e Energia. A empresa atua nas áreas de geração, transmissão e comercialização de energia. A UHEPSJ é o primeiro empreendimento arrematado em leilão pela Eletrosul, em dezembro de 2005, depois que a empresa foi autorizada a retomar os investimentos em geração e transmissão, por meio da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica no país. A usina teve a LO aprovada em 2011, com início da operação em 2012 (LO nº 4490/2012 DL – Fepam).

A UHE Passo São João está implantada no rio Ijuí, sendo que as estruturas de barramento e a casa de força estão instaladas nos municípios de Roque Gonzales e Dezesseis de Novembro, localizados a aproximadamente 600 km de Porto Alegre-RS. O reservatório inclui os municípios de São Luiz Gonzaga, São Pedro do Butiá e Rolador, na região noroeste do Estado do RS.

Com a implantação da UHEPSJ há um regime de vazões alteradas em relação às vazões originais no rio Ijuí. Isso ocorre em um trecho de aproximadamente 4 km compreendido entre a barragem e a casa de força. É uma usina a fio d'água, ou seja, seu reservatório tem somente a função de manter o desnível necessário para a geração de energia. O reservatório de tomada de água inunda uma área de 130 ha. A usina é composta de uma barragem que utiliza um canal de adução para conduzir a água até a casa de força, aproveitando a queda natural do rio Ijuí conforme se observa na Figura 3.3. Sua potência instalada é de 77 MW,

Figura 3-3 – Arranjo das estruturas da UHE Passo do São João.



Fonte: Cruz et al. (2010).

Este trecho de rio, da jusante da barragem à seção de confluência com as vazões turbinadas, denomina-se Alça de Vazão Reduzida ou Trecho de Vazão Alterada (TVA), ou simplesmente “Alça”. Nesta Alça escoará uma vazão remanescente, que deverá oferecer condições de sustentabilidade ao ambiente, incluindo a manutenção de sua classe de enquadramento do rio (Silveira et al., 2010). Podendo também proporcionar o uso múltiplo da água.

Atualmente estas vazões são definidas de acordo com as prescrições determinadas no processo de licenciamento do empreendimento.

Em seu arranjo de projeto, a barragem da UHEPJS possui o vertedor com 10 m de altura e 145 m de comprimento, operando a uma lâmina máxima de 21 m de altura, com 11 m de armazenamento sobre a soleira vertente.

A vazão máxima turbinada é de $332 \text{ m}^3/\text{s}$ e a mínima para o acionamento de uma turbina é de $41 \text{ m}^3/\text{s}$.

Os dados de caracterização do empreendimento podem ser observados no quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Características da UHE Passo do São João.

Potência autorizada	77 MW
Energia assegurada	39 MW
Número de unidades geradoras	02
Potência unitária	39 MW
Turbinas tipo	Kaplan
Altura da coluna d'água - referência	26 m
Perímetro do reservatório	181 km
Extensão do reservatório	47,8 km
Área de preservação permanente	1.675 ha
Número de propriedades adquiridas	472
Número de propriedades atingidas	518

Fonte: Adaptado de HIDROECO (2012).

O TVA da UHEPSJ apresenta uma área incremental, ou seja, que contribui diretamente na alça, de aproximadamente 58 km². Na margem direita da alça (18 km²) estão localizados dois balneários e a micro central hidrelétrica Salto Pirapó (800 kW) de propriedade da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). Em sua margem esquerda (40 km²), observa-se uso agrícola, não sendo identificados pontos de lançamento de efluentes de processos de geração de resíduos, tais como abatedouros ou indústrias. Esta área da margem esquerda da alça é formada basicamente por superfícies vertentes que drenam diretamente ao rio Ijuí ou para o tributário Arroio Lajeado das Pedras (Siveira et al., 2010).

Para a avaliação dos usos concorrentes em um trecho de rio são necessários os dados de vazões afluentes ao trecho. A série histórica de vazões afluentes à UHEPSJ que foi utilizada no estudo tem mais de 30 anos, referentes à Estação Ponte Mística – Código ANA 75320000.

Na verificação sobre as demandas agrícolas são utilizados os dados climáticos com as precipitações e valores de evaporação para a região. Estes dados possuem séries históricas. A série histórica de evaporação utilizada refere-se ao posto mais próximo, com a série mais longa, na estação Santa Maria – código 83936 do 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A série de chuvas provém de um posto próximo, ou da média feita para postos vizinhos. No caso da UHEPSJ foram utilizados os dados da estação mais próxima, estação Major Severino – código 2854005, da ANA.

Os dados de vazões afluentes, de evaporação e de precipitação referem-se a um mesmo período avaliado (entre os anos de 1961 à 1995). Na definição das vazões ecológicas foi utilizado o estudo realizado por Silveira et al. (2010) e o regime praticado pela usina, conforme a licença de operação. No estudo de Silveira et al. (2010) foram propostas as vazões ecológicas com um valor basal (sanitária) que representa a manutenção da qualidade da água além de um regime de flutuações sobre esta vazão basal. Neste estudo foram montados os cenários de prescrição de regime de vazões para um intervalo de vazão basal ou sanitária – de 3 m³/s a 17 m³/s – sobre o qual foi acrescida a franja de tensão, que preserva os pulsos de interesse ecológico. O Licenciamento Ambiental, a partir dos cenários deste estudos, definiu um regime de vazões remanescente hoje operado pela usina.

3.1.2 Cenários de Vazões Remanescentes Utilizados

Para a simulação dos usos para hidroeletricidade, para irrigação, e para uso urbano considera-se a proposta de regime de vazões adotada para a operação da usina, conforme a licença de operação da Fepam. Além do regime de vazões da LO Fepam, outros 9 regimes de prescrição de vazões ecológicas são simulados, estes regimes são provenientes de Cruz et al. (2010), com base no método de Silveira et al. (2010).

Na licença de operação da usina os valores utilizados também foram definidos mês a mês e há uma vazão de base com a franja sobreposta a esta base. Os valores deste regime, chamado de LO Fepam, podem ser observados no quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Valores do regime licenciado pela Fepam – LO Fepam.

Mês	qEco
1	20,9
2	21,0
3	18,0
4	18,0
5	18,0
6	25,5
7	33,8
8	40,8
9	61,3
10	46,2
11	36,6
12	27,0

Fonte: CRUZ et al. (2010)

Estes valores representam as condições de contorno para a simulação do uso da água para geração hidrelétrica, irrigação e uso urbano. Isso significa que estes usos não podem avançar sobre os valores mínimos do regime definido mês a mês. Por exemplo, para todos os dias no mês 1, pode-se usar toda a vazão que extrapolar os 20,9 m³/s. Caso o valor na afluência seja de 30 m³/s tem-se 9,1 m³/s disponível para os usos na geração, na irrigação e na diluição de cargas.

No quadro 3.3 é apresentado todas as 10 vazões ecológicas remanescentes a serem utilizadas na composição dos cenários.

Pode-se verificar que as vazões propostas inicialmente pelo EIA/RIMA da usina têm um valor constante, ou seja, sem relação com as questões de flutuação dos níveis. O regime de vazões aprovado na LO Fepam refere-se as flutuações com os limites superiores iguais aos propostos por Silveira et al. (2010) na qEco b11, porém com um a vazão de base maior, com 18,00 m³/s. Ou seja, com base nestes valores de vazões ecológicas é possível se manter uma disponibilidade de habitats com o rebaixando da franja de tensão (pulsos). Isso permite um processo de sucessão resultando na migração das espécies para cotas mais baixas, onde as espécies ajustam sua distribuição vertical de acordo com a sua adaptabilidade a estes pulsos proposto por Silveira et al. (2010).

Quadro 3.3 – Regimes de vazões remanescentes considerados.

Regime	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
	qEco base									
Mês	16,1 m ³ /s	3 m ³ /s	5 m ³ /s	7 m ³ /s	9 m ³ /s	11 m ³ /s	13 m ³ /s	15 m ³ /s	17 m ³ /s	LO Fepam
1	16,1	10,1	13,0	15,8	18,4	20,9	23,4	25,8	28,2	20,9
2	16,1	10,3	13,2	15,9	18,5	21,0	23,5	26,0	28,4	21,0
3	16,1	6,0	8,4	10,8	13,1	15,3	17,6	19,8	22,0	18,0
4	16,1	3,2	5,2	7,2	9,3	11,3	13,3	15,3	17,3	18,0
5	16,1	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	18,0
6	16,1	13,8	17,0	20,0	22,8	25,5	28,2	30,7	33,3	25,5
7	16,1	20,6	24,3	27,6	30,7	33,8	36,7	39,5	42,3	33,8
8	16,1	26,6	30,6	34,2	37,5	40,8	43,9	46,9	49,8	40,8
9	16,1	44,7	49,4	53,6	57,6	61,3	64,9	68,3	71,6	61,3
10	16,1	31,3	35,5	39,3	42,8	46,2	49,4	52,5	55,6	46,2
11	16,1	23,1	26,9	30,3	33,5	36,6	39,6	42,5	45,4	36,6
12	16,1	15,0	18,3	21,3	24,2	27,0	29,7	32,3	34,9	27,0

Sendo qEco a vazão ecológica mensal; 16,1 o valor da vazão em m³/s proposta no EIA/RIMA; e b3, b4, bx..., em que x representa a vazão basal em m³/s, e a LO Fepam o regime em operação na usina.

Fonte: Adaptado de CRUZ et al. (2010)

Com base nos valores aprovados no licenciamento pode-se considerar adequada a utilização de uma vazão de base que inclua, além da vazão base definida por Cruz et al. (2010), as vazões para outros usos competitivos da água no trecho de rio considerado. Com isso, no método proposto as vazões de base terão acrescidas as vazões para o uso agrícola, com irrigação, e para diluição de cargas poluidoras provenientes de uma população urbana.

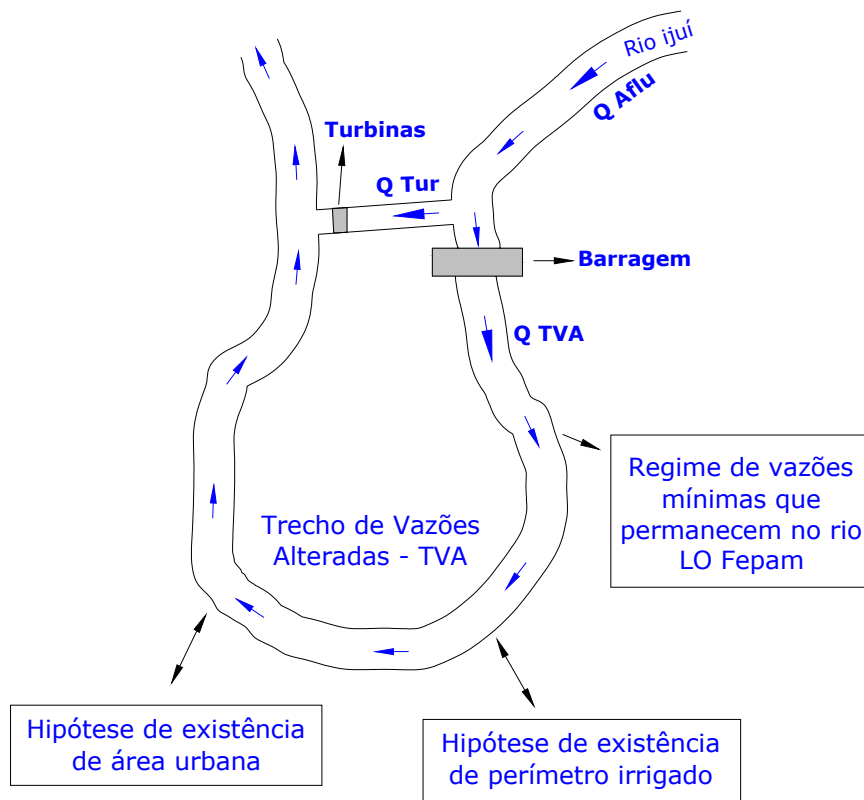
3.2 Avaliação da competitividade entre os usuários

3.2.1 O problema e a hipótese de trabalho

O licenciamento ambiental da usina para o trecho de vazões alteradas considera a situação atual da bacia incremental conforme definida pelo arranjo da obra e o TVA. No caso tem-se uma bacia incremental de 58 km² e um TVA de cerca de 4 km.

O presente estudo, aproveitando o caso da UHEPSJ, procura por meio de estruturação de modelagem parcimoniosa, avaliar a hipótese de usos significativos de irrigação e uso urbano competindo com a geração hidrelétrica, conforme se observa na Figura 3.4. O que não ocorre atualmente na operação da usina UHEPSJ.

Figura 3-4 – Croqui do problema tipo e hipótese do trabalho.



Fonte: Próprio autor

Com esta estratégia de hipóteses de usos competitivos da água no TVA procura-se definir uma modelagem que pode ser aplicada em situações onde isto ocorra – usos significativos para irrigação e uso urbano além do da geração hidrelétrica, hipóteses a serem aqui avaliadas.

Para inserir os outros usos significativos no cenário de vazões remanescentes da UHEPSJ (irrigação e diluição de cargas) o estudo avalia a competição entre estes usos além das vazões ecológicas, expondo ganhos e perdas (em termos monetários e de energia gerada) ao se disponibilizar água para a captação para a irrigação de lavouras de soja e/ou milho e a diluição de cargas urbanas. Neste contexto, as

vazões ecológicas caracterizam uma condição de restrição de usos no trecho o rio, pois devem ser preservadas.

No estudo que serviu de base para a definição do Licenciamento Ambiental foram estipulados diversos regimes de vazão remanescente onde não havia a competição destes outros usos (irrigação e uso urbano).

No foco do presente estudo considera-se o regime definido pela LO da Fepam, com as vazões ecológicas remanescentes a serem preservados no TVA, com três tamanhos de lavouras: de 200 ha, de 600 ha e de 1000 ha.

Relativo ao uso urbano, considera-se o impacto do despejo de carga poluidora de uma população hipotética de 10000 habitantes com eficiência de 50% e 90% na remoção da DBO produzida por esta população. Além disso, simulam-se, como condições de contorno alternativas, mais 09 propostas de regimes de vazões ecológicas que serviram de base à definição da LO da Fepam para avaliar seus impactos na geração hidrelétrica da UHEPSJ.

Assim simulam-se por consequência 60 cenários básicos (3 tamanhos de área de lavoura x 2 eficiências de remoção da DBO da população urbana x 10 regimes de vazões ecológicas), conforme apresentados na Tabela 3.1.

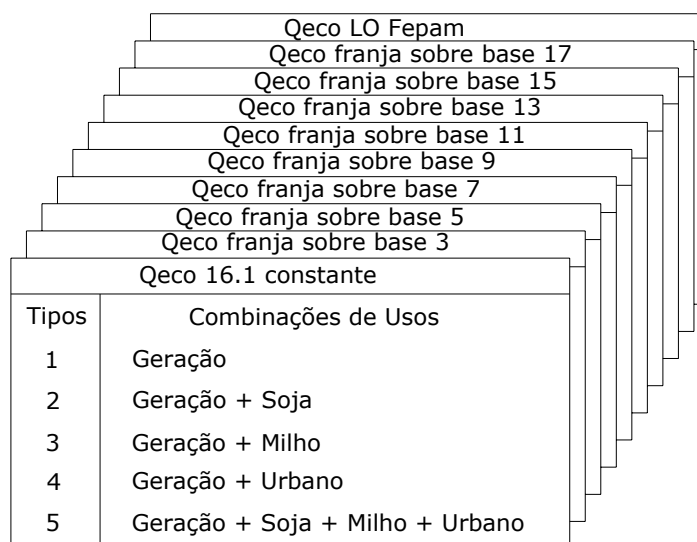
Tabela 3.1 – Composição dos 60 cenários básicos.

	Eficiência na remoção da carga: 50%		Eficiência na remoção da carga: 90%	
200 ha de Soja/Milho	1	Qeco base 16,1 m ³ /s	31	Qeco base 16,1 m ³ /s
	2	Qeco base 3 m ³ /s	32	Qeco base 3 m ³ /s
	3	Qeco base 5 m ³ /s	33	Qeco base 5 m ³ /s
	4	Qeco base 7 m ³ /s	34	Qeco base 7 m ³ /s
	5	Qeco base 9 m ³ /s	35	Qeco base 9 m ³ /s
	6	Qeco base 11 m ³ /s	36	Qeco base 11 m ³ /s
	7	Qeco base 13 m ³ /s	37	Qeco base 13 m ³ /s
	8	Qeco base 15 m ³ /s	38	Qeco base 15 m ³ /s
	9	Qeco base 17 m ³ /s	39	Qeco base 17 m ³ /s
	10	Qeco LO Fepam	40	Qeco LO Fepam
600 ha de Soja/Milho	11	Qeco base 16,1 m ³ /s	41	Qeco base 16,1 m ³ /s
	12	Qeco base 3 m ³ /s	42	Qeco base 3 m ³ /s
	13	Qeco base 5 m ³ /s	43	Qeco base 5 m ³ /s
	14	Qeco base 7 m ³ /s	44	Qeco base 7 m ³ /s
	15	Qeco base 9 m ³ /s	45	Qeco base 9 m ³ /s
	16	Qeco base 11 m ³ /s	46	Qeco base 11 m ³ /s
	17	Qeco base 13 m ³ /s	47	Qeco base 13 m ³ /s
	18	Qeco base 15 m ³ /s	48	Qeco base 15 m ³ /s
	19	Qeco base 17 m ³ /s	49	Qeco base 17 m ³ /s
	20	Qeco LO Fepam	50	Qeco LO Fepam
1000 ha de Soja/Milho	21	Qeco base 16,1 m ³ /s	51	Qeco base 16,1 m ³ /s
	22	Qeco base 3 m ³ /s	52	Qeco base 3 m ³ /s
	23	Qeco base 5 m ³ /s	53	Qeco base 5 m ³ /s
	24	Qeco base 7 m ³ /s	54	Qeco base 7 m ³ /s
	25	Qeco base 9 m ³ /s	55	Qeco base 9 m ³ /s
	26	Qeco base 11 m ³ /s	56	Qeco base 11 m ³ /s
	27	Qeco base 13 m ³ /s	57	Qeco base 13 m ³ /s
	28	Qeco base 15 m ³ /s	58	Qeco base 15 m ³ /s
	29	Qeco base 17 m ³ /s	59	Qeco base 17 m ³ /s
	30	Qeco LO Fepam	60	Qeco LO Fepam

Fonte: Próprio autor

Para cada cenário têm-se os 5 tipos de usos, conforme apresentado na Figura 3.5.

Figura 3-5 – Regimes de vazões ecológicas simulados e tipos de usos.



Fonte: Próprio autor

No primeiro tipo tem-se a geração hidrelétrica, sem outro uso competitivo no trecho de vazões alteradas, que configura o caso real e atual de funcionamento da usina.

Para a simulação da competição entre os usuários geração hidrelétrica e agricultura irrigada tem-se o tipo 2, com lavouras de soja, e o tipo 3 com lavouras de milho.

No tipo 4 tem-se a simulação de uma vazão destinada para a diluição de cargas poluidoras provenientes da ocupação urbana que despeja seus esgotos no trecho de vazões alteradas.

No tipo 5 são propostos todos os usos competindo pela água no trecho ao mesmo tempo.

Desta forma, na modelagem estruturada, são parâmetros de simulação: regimes de vazão ecológica remanescentes, área e produtividade de lavoura para o caso de milho e de soja, população urbana e eficiência de tratamento (remoção da carga poluidora), vazão de projeto e queda de projeto para UHE. Bem como as cotações da energia elétrica e dos produtos agrícolas. Na Tabela 3.2 estão apresentados os parâmetros do modelo de cálculo estruturado aqui intitulado *Hidroeco-BH*.

Tabela 3.2 – *Layout* da entrada de dados no modelo *Hidroeco-BH*.

Parâmetros de Simulação: Cenário 02		Regime de Vazões Ecológicas base 17m ³ /s	
Área lavoura de Soja (ha)	200,0	Mes	qEco
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0	1	28,2
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1	2	28,4
		3	22,0
Área lavoura de Milho (ha)	200,0	4	17,3
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0	5	17,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1	6	33,3
		7	42,3
Queda de projeto (m)	26,0	8	49,8
Rendimento Usina (%)	73,0	9	71,6
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2	10	55,6
		11	45,4
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	270,00	12	34,9

Fonte: Próprio autor

Na sequência do texto descreve-se a modelagem *Hidroeco-BH* com o apoio dos fluxogramas a seguir enumerados:

- Fluxograma 1, onde tem-se o cálculo das vazões para a irrigação.
- Fluxograma 2, onde tem-se o cálculo das vazões para a diluição de cargas poluidoras,
- Fluxograma 3, onde tem-se o cálculo do balanço hídrico da geração e dos outros usos do TVA.
- Fluxograma 4, onde tem-se os cálculos dos cenários.

3.2.2 Fluxograma 1: Uso para irrigação

Para a avaliação da competitividade entre a geração e o uso para irrigação deve-se inicialmente proceder ao cálculo da vazão para a irrigação da soja e do milho, com a captação em um trecho de vazões alteradas por uma UHE, como o caso deste estudo.

Para um perímetro irrigado qualquer as grandezas que norteiam o balanço hídrico das lavouras, objetivando avaliar os déficits hídricos a serem supridos pela irrigação, são basicamente a precipitação, a evaporação e a necessidade hídrica das culturas. É importante lembrar o escopo de avaliação simplificada para o

objetivo deste estudo – que é o de levantar informações de apoio ao licenciamento ambiental de uma usina hidrelétrica em situação de usos competitivos da água a partir de dados existentes.

A demanda da cultura tem como base as variáveis como o tamanho das lavouras – A em hectares, as perdas do sistema de irrigação – Pd, e um armazenamento de água dado em função da porcentagem de água da chuva que fica retida na lavoura disponível para a planta – PArm.

A área a ser irrigada com a captação de água no TVA pode servir a uma lavoura ou a um grupo de agricultores, podendo atingir grandes áreas no total, e conseqüentemente, grandes vazões a serem captadas no trecho do rio. Com relação a isso no método proposto constroem-se os cenários com o valor total da área a ser irrigada para o balanço hídrico e a análise entre os tipos de usos.

Para o cálculo do déficit hídrico podem ser utilizadas informações normalmente disponíveis sem necessidade de monitoramento. Estas informações aqui aludidas referem-se à precipitação e à evaporação potencial diária.

No método proposto a análise da chuva, da evaporação, da demanda hídrica da cultura e do armazenamento de água é utilizada para verificação de forma parcimoniosa da necessidade de irrigação de uma área de lavoura. Enquanto o tamanho da lavoura e a eficiência do sistema de irrigação quantificam a vazão total a ser captada no rio.

Sendo assim no método proposto a ocorrência de chuvas deve ser contabilizada na forma da chuva efetiva. Ou seja, a precipitação que pode contribuir para satisfazer as demandas agrícolas deve ter descontada a evaporação resultando em um valor de chuva efetiva, dada pela Equação 1.

$$P_{ef} = P - E \quad (1)$$

Em que P_{ef} é a precipitação efetiva, P é a precipitação total e E é a evaporação potencial do dia simulação.

Neste caso tem-se a questão: a precipitação (P) é menor ou é maior que a evaporação potencial (E)?

Quando houver uma chuva excedente este valor é subtraído da lâmina de irrigação. Neste sentido observam-se as situações que podem ocorrer no cálculo da irrigação num intervalo diário de simulação:

1. Caso “P” seja **menor** que “E” a precipitação efetiva (P_{ef}) é **nula** e toda a água precipitada irá evaporar. Com isso **não haverá** um armazenamento no solo ($Arm = 0$) e **a irrigação** (I) deverá utilizada para **suprir a toda a demanda** hídrica da lavoura. Para o cálculo da irrigação deve-se considerar um percentual de perdas no sistema de irrigação, conforme a Equação 2.

$$I = D * Pd \quad (2)$$

Em que I é a lâmina de irrigação necessária, D é a demanda hídrica da lavoura e Pd é perda no sistema de irrigação.

A demanda para a irrigação em termos de vazão a ser captada para este uso é definida pela irrigação necessária em função da área da lavoura, conforme a Equação 3.

$$Q_{irri} = I * A \quad (3)$$

Sendo Q_{irri} a vazão para irrigar a área A , com a lâmina I .

2. Caso “P” seja **maior** que “E” haverá uma chuva efetiva (P_{ef}). Assim, a necessidade ou não de irrigação (I) vai depender do valor da chuva efetiva, da água armazenada no solo e da demanda da planta, Equação 4.

$$I = D - Arm - P_{ef} \quad (4)$$

Com relação a isto se têm duas hipóteses que podem ocorrer:

- a) Se a água disponível no solo (Arm) e a chuva efetiva (P_{ef}) forem suficientes para suprir toda a demanda (D) **não haverá necessidade de irrigação**, ou seja, $I = 0$ e $Q_{uso} = 0$. E a “ P_{ef} ” que restar é transformada em “ Arm ” para o dia seguinte, considerando uma porcentagem (P_{Arm}). Por exemplo, ao adotar um “ P_{Arm} ” igual a 50%, tem-se que metade da chuva que sobrou, após a irrigação ser satisfeita, será disponibilizada no “ Arm ” para o cálculo do dia seguinte. Caso chova de novo no dia seguinte, o valor vai acumular,

considerando os 50% do acumulado para o terceiro dia, como se tem na Equação 5.

$$Arm = (Pef - D) * PArm \quad (5)$$

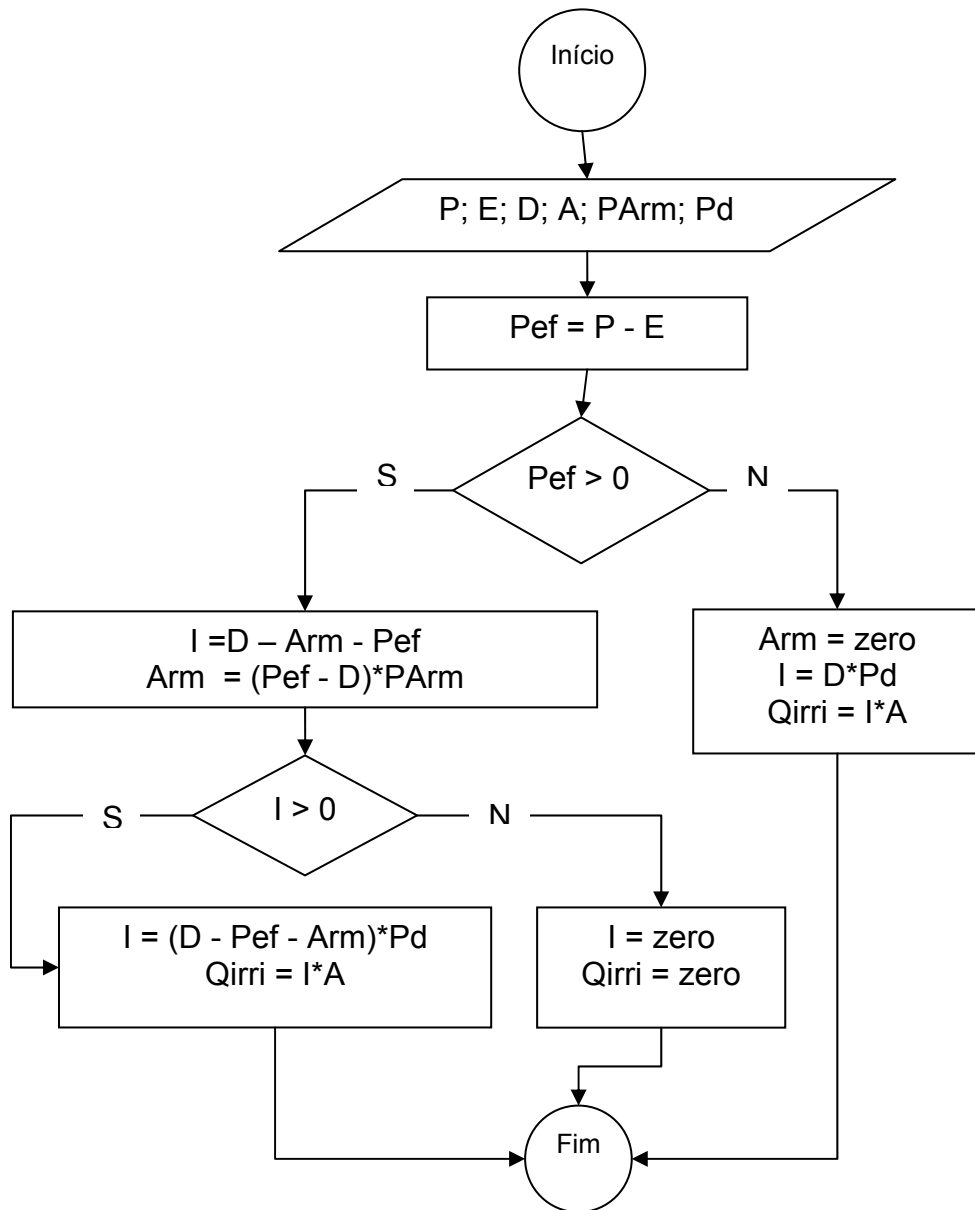
- b) Caso contrário, Arm e a Pef não forem suficientes para suprir a D, **haverá necessidade de irrigação**. O valor a ser irrigado é dado pela diferença entre a demanda da cultura (D) e a água disponível (Pef e Arm), considerando o coeficiente de perdas no sistema de irrigação, conforme a Equação 6.

$$I = (D - Pef - Arm) * Pd \quad (6)$$

A demanda para a irrigação em termos de vazão a ser captada para este uso é definida pela irrigação necessária em função da área da lavoura, conforme a Equação 3.

O cálculo proposto pode ser verificado conforme o fluxograma 1 da Figura 3.6.

Figura 3-6 – Fluxograma 1: Cálculo da Vazão para Irrigação.



Fonte: Próprio autor

3.2.3 Fluxograma 2: Uso urbano

A falta ou a precariedade do tratamento de esgotos estão relacionadas à poluição causada pelo lançamento do esgoto diretamente em um corpo hídrico ou pelo lançamento do esgoto com uma remoção parcial de cargas poluidoras. Estes lançamentos podem causar impactos na água com a alteração da sua qualidade.

A alteração na qualidade da água resulta em restrições para os seus usos (CONAMA, 2005) conferindo situações de competição entre usuários.

No caso de lançamento de esgoto doméstico sem tratamento prévio a contaminação dos ambientes aquáticos é caracterizada pela matéria orgânica, expressa usualmente em termos de demanda bioquímica de oxigênio – DBO.

Para se quantificar a capacidade de recepção do poluente pelo corpo hídrico é necessário, portanto, o conhecimento sobre as concentrações do poluente no trecho de rio e no efluente que carrega esta carga. O que implica em campanhas de campo e análises realizadas em laboratório.

Com isso a vazão para diluição das cargas poluidoras pode ser definida através do conhecimento sobre a carga lançada no fluxo, Equação 7.

$$Q_{urb} = C/Conc \quad (7)$$

Onde Q_{urb} é a vazão para diluição das cargas poluidoras urbanas, C é quantidade de poluente e a $Conc$ é a concentração do poluente no trecho do rio.

Mas o conhecimento das cargas poluidoras decorrentes de uma área urbana pode não ser uma realidade. Neste sentido pode-se estimar a carga da população a partir da produção *per capita*, no caso de DBO.

O levantamento ou definição de um coeficiente de eficiência de remoção das cargas configuram o sistema de tratamento dos esgotos, característico da área considerada.

Para os casos em que o tratamento é precário, isso corresponde a quantificar uma carga que chega ao fluxo do rio e o coeficiente de eficiência representa o percentual da carga que fica retido neste sistema ou no caminho até o fluxo do rio.

Desta forma a vazão para diluição das cargas poluidoras pode ser também definida indiretamente, com o uso de um coeficiente de remoção da carga e a produção *per capita* da população. Como referência para a produção *per capita*

pode-se utilizar o valor de 0,054kgDBO/hab/dia, recomendado para o dimensionamento de sistemas de tratamento de esgotos pela norma técnica NBR 12209 (ABNT, 1992).

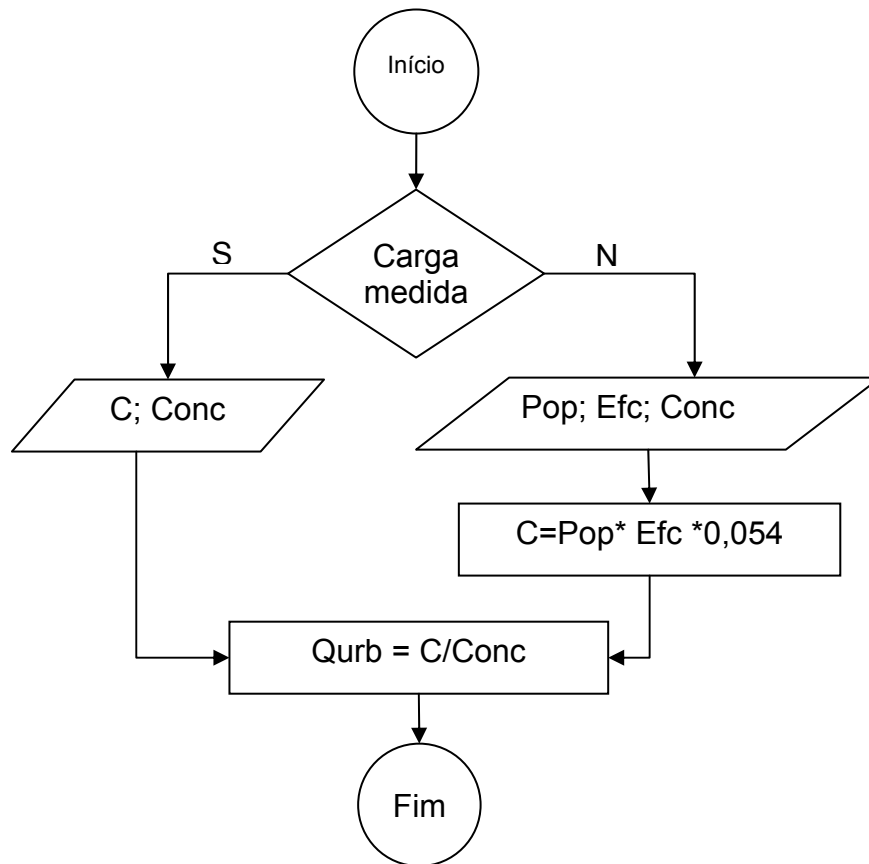
O cálculo da carga é realizado conforme a Equação 8. O cálculo da vazão para diluição das cargas poluidoras urbanas, Q_{urb} , é feito através da Equação 7.

$$C = \text{Pop} * E_{fc} * 0,054 \quad (8)$$

Onde C é a carga produzida pela população Pop e E_{fc} é o coeficiente de remoção, que representa a eficiência ou as condições do tratamento. Na Figura 3.7 tem-se o fluxograma para estimativa da vazão necessária à diluição de cargas provenientes de uma área urbana, denominada vazão urbana – Q_{urb} .

O cálculo do fluxograma 2 permite que sejam simulados cenários com diferentes coeficientes de remoção da carga, bem como diversos cenários de tamanho de populações.

Figura 3-7 – Fluxograma 2: Cálculo da Qurb.



Fonte: Próprio autor

3.2.4 Fluxograma 3: Balanço hídrico da geração e dos outros usos

No presente estudo, no arranjo do aproveitamento hidroenergético, as vazões afluentes do rio são divididas em duas parcelas, conforme o esquema da Figura 3.4. Uma parcela se refere à vazão destinada às turbinas, para geração de energia. E a outra parcela refere-se à vazão remanescente que mantém o fluxo no trecho de vazões alteradas, que no presente estudo tem uma extensão de aproximadamente 4 km. Estas vazões destinadas para o TVA devem manter o equilíbrio ambiental e o atendimento dos demais usuários do trecho. No caso da UHEPJS os usos para a diluição de poluentes e para irrigação são insignificantes, pois não há uma concentração urbana na bacia incremental, nem lavouras de soja e de milho com irrigação que usam a água do rio.

Na hipótese do presente estudo considera-se a existência de demandas para a irrigação de lavouras e para diluição de cargas de uma população urbana em diferentes cenários simulados. Estas vazões destinadas à irrigação e ao uso urbano devem competir com as vazões destinadas às turbinas. Ou seja, a vazão turbinada será diminuída dos montantes relativos a esses outros usos. Esta vazão turbinada deve ser calculada em função de parâmetros específicos, destacadamente a área irrigada e a carga produzida pela população urbana.

Depois de calculadas as vazões dos outros usos ($Q_{\text{usos}} = Q_{\text{irri}} + Q_{\text{urb}}$), conforme os algoritmos dos fluxogramas **1** e **2**, e considerando os cenários de vazões ecológicas (Q_{eco}) a serem simuladas, conforme Quadro 3.3 – procede-se ao cálculo da vazão resultante para a alça ($Q_{\text{alça}}$) e da energia gerada (E_{ger}) pelo desvio de parte da vazão afluyente para as turbinas.

Com isso define-se a regra de operação da usina para cada cenário de competitividade entre os usuários do trecho.

No método proposto a vazão que resta para o uso na geração hidrelétrica (ΔQ) é dada pela diferença da vazão afluyente “ Q_{aflu} ” com a vazão ecológica “ Q_{eco} ” e com as vazões para os outros usos, “ Q_{usos} ”, conforme a Equação 9.

$$\Delta Q = Q_{\text{aflu}} - Q_{\text{eco}} - Q_{\text{usos}} \quad (9)$$

Com isso a vazão que poderá ser turbinada é definida depois de descontados os demais usos competitivos no trecho de rio. Neste caso as captações para irrigação feitas a montante da usina também ficam contempladas na avaliação da competição entre usos.

Para o cálculo da vazão turbinada são introduzidas as características técnicas de funcionamento da usina:

- Q_{min} : valor mínimo necessário para o acionamento do sistema gerador, e
- Q_{max} : valor máximo possível de ser turbinado em função da capacidade da usina.

A vazão que resta para fluir pelo trecho de vazões alteradas ($Q_{\text{alça}}$) será calculada pela diferença entre a vazão afluyente e a vazão que foi desviada para ser turbinada, Equação 10.

$$Q_{\text{alça}} = Q_{\text{aflu}} - Q_{\text{tur}} \quad (10)$$

O cálculo da energia gerada “Eger” é em função da potência despendida para turbinar a vazão disponível K, conforme na Equação 11.

$$Eger = Q_{tur} * K \quad (11)$$

Desta forma, para as vazões “ ΔQ ” menores que o “ Q_{min} ” não há geração, ou seja, “ Q_{tur} ” = 0 e conseqüentemente a Energia gerada é nula.

Neste caso, resta para a alça toda a vazão afluente, Q_{aflu} . Na qual se tem incluídas as vazões remanescentes ecológicas e dos demais usos, conforme o valor disponível e as demandas destes usos.

Para vazões “ ΔQ ” **maiores** que o “ Q_{max} ” será gerada energia com o total da potência instalada da usina, que neste caso é o próprio “ Q_{max} ”.

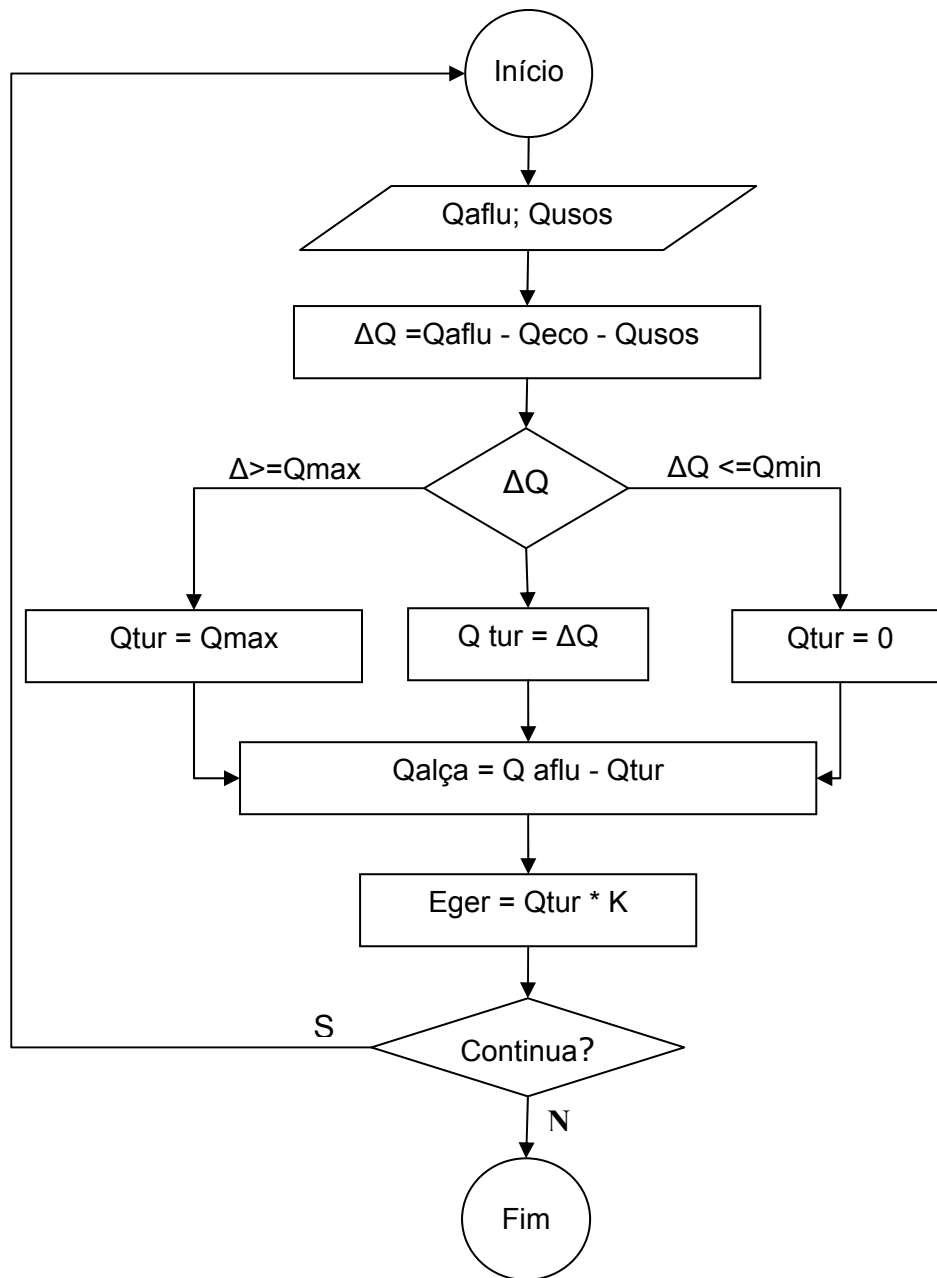
Ou seja, $Q_{tur} = Q_{max}$. Restando para a alça a diferença entre “ Q_{aflu} ” e “ Q_{tur} ”, conforme a Equação 10.

Para vazões “ ΔQ ” com valores **entre** “ Q_{min} ” e “ Q_{max} ” a geração varia em função dos valores de vazões afluentes que chegam da montante, mas também varia conforme os valores destinados para “ Q_{eco} ” e para os outros usos (Q_{usos}). A alça receberá a diferença entre as vazões afluentes “ Q_{aflu} ” e as turbinadas “ Q_{tur} ” calculada pela Equação 10.

Desta forma o funcionamento da usina fica condicionado a um balanceamento entre os usuários competitivos no trecho, definindo a regra de operação da usina.

Na Figura 3.8 tem-se o fluxograma do cálculo da vazão turbinada Q_{tur} em função dos outros usos competitivos no trecho de vazões alteradas.

Figura 3-8 – Fluxograma 3: Balanço hídrico da geração e dos outros usos.



Fonte: Adaptado de UFSM/FEPAM (2006).

Ainda com relação às vazões no trecho de vazões alteradas, o gestor pode requerer o conhecimento sobre a disponibilidade hídrica que ainda sobra no TVA depois de satisfeitas as vazões Q_{usos} e Q_{eco} definidas para o cenário escolhido.

Neste caso o método pode calcular a vazão na alça dada pela diferença entre a vazão que chega (Q_{aflu}) subtraídos os valores para o atendimento de todos os usos, Q_{tur} e Q_{usos}, Equação 12.

$$Q_{\text{Ralça}} = Q_{\text{aflu}} - Q_{\text{tur}} - Q_{\text{usos}} \quad (12)$$

Onde Q_{Ralça} é a vazão na alça após todos os usos serem atendidos.

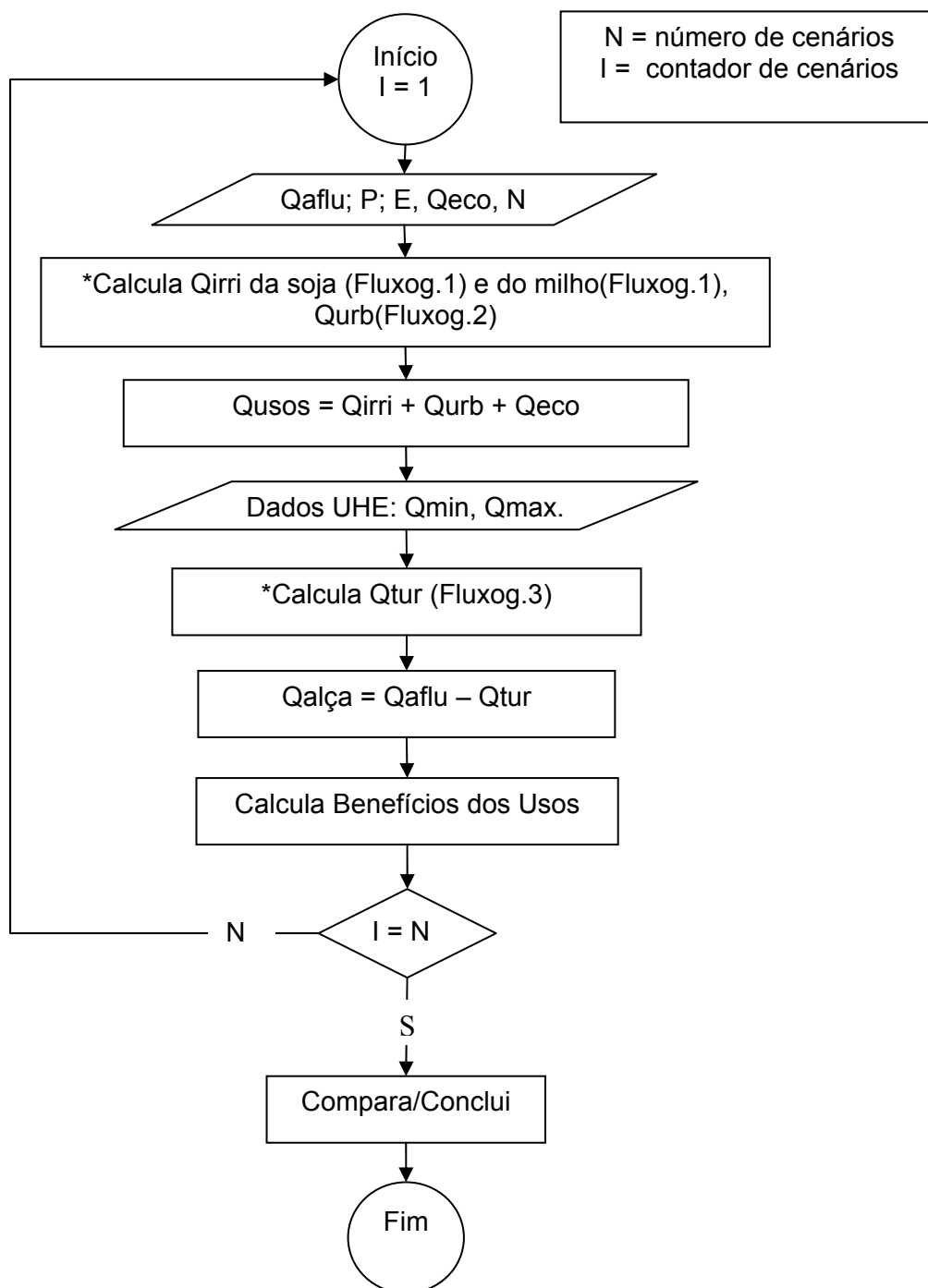
3.2.5 Fluxograma 4: Cálculos dos Cenários.

No **fluxograma 4** da Figura 3.9 é realizado o cálculo dos ganhos e perdas por meio do balanço hídrico no TVA, para cada um dos 60 cenários identificados (Tabela 3.1). Isto ocorre a partir das informações de demandas dos usos e da vazão afluente em um intervalo diário de dados.

O balanço hídrico é realizado através da contabilização da vazão que poderá ser turbinada, definida conforme o **fluxograma 3** e a vazão que segue para a alça considerando as demandas necessárias ao atendimento da vazão ecológica e dos demais usos que competem pela água no trecho de vazões alteradas. Em que o atendimento das demandas para a irrigação de culturas agrícolas e para a diluição de cargas urbanas são calculadas conforme os **fluxogramas 1 e 2**.

Com isso é possível realizar os cálculos dos benefícios dos usos da água em cada um dos cenários simulados, considerando as cotações dos produtos da geração hidrelétrica e da agricultura.

Figura 3-9 – Fluxograma 4: Cálculos dos Cenários.



* Cálculo das demandas para irrigação da soja (Q_{soja}) e do milho (Q_{milho}). Cálculo da demanda para diluição de cargas (Q_{urb}) e as vazões turbinadas (Q_{tur}). Fonte: Próprio autor.

3.2.6 Observações importantes para o método

Neste sentido, na avaliação da competitividade entre os usos no TVA se fazem algumas observações importantes para o método.

As vazões ecológicas no TVA são restritivas para todos os usuários. Ou seja, a mesma, após ser definida, fica reservada para o trecho e não está disponível para desvio ou para captação.

Na representação da vazão para a irrigação não é considerado no cálculo o retorno da água usada pela irrigação. Este valor requer o conhecimento mais aprofundado sobre as condições de drenagem da lavoura, bem como as práticas de uso e conservação do solo, que interferem nas condições de infiltração e formação do escoamento superficial. Ainda ao considerar o retorno zero representa-se um cenário mais crítico de disponibilidade hídrica.

Ainda sobre a irrigação, outra situação pode ser considerada. Quando a captação para a irrigação for efetivada em um ponto a montante da usina e não no TVA. Ainda assim haverá a competição entre estes usuários porque a água captada para a irrigação fica indisponível para geração.

No caso do ambiente urbano tem-se a simulação de uma vazão destinada para a diluição de cargas poluidoras provenientes da ocupação urbana que hipoteticamente despeja seus esgotos no TVA. Para que se preserve uma concentração dentro do limite da classe de enquadramento no trecho, a vazão para a diluição das cargas poluidoras deve ser reservada no trecho, ficando a mesma indisponível para ser captada ou desviada para os outros usos.

A posição do ponto de lançamento de efluentes ao longo do trecho não é fixada no método proposto. A avaliação do trecho é feita considerando toda sua extensão, com lançamento de esgoto em qualquer ponto e sem o efeito da autodepuração. Então, no método proposto considera-se que a água reservada no trecho não está disponível para a irrigação. Além disso, parte da vazão deixará de ser turbinada em função da diluição das cargas, reduzindo a geração de energia hidrelétrica.

Por fim, ao alocar-se a água para os usos múltiplos, com a geração, a irrigação e a diluição de cargas, tem-se que a sua vazão disponível é definida conforme o cenário de utilização dos usos concorrentes. Com isso, ao destinar mais água priorizando a geração hidrelétrica, a agricultura é impactada e a produtividade

da lavoura ameaçada ou prejudicada, ou a área de irrigação deve ser diminuída, diminuindo a produção total da lavoura. Ao priorizar a irrigação, parte da vazão deixará de ser turbinada, alterando a regra de funcionamento da usina e reduzindo a geração de energia hidrelétrica durante o período de irrigação.

3.2.7 Critérios para avaliação da competitividade

Para avaliar os usos competitivos da água num trecho de rio são mensurados os impactos, os ganhos e as perdas nas relações entre os usuários envolvidos na competição pelo uso da água no TVA.

Para se verificar a competitividade entre a geração de energia e os demais usos estima-se a quantidade de energia que deixa de ser produzida (perdas na energia ou redução na energia) ao introduzir no trecho de rio a captação de água para irrigação e/ou a diluição de cargas poluidoras. Os ganhos na agricultura irrigada referem-se à produção das lavouras. Estes ganhos e perdas se inserem no contexto de conversão da produção em valores monetários e pode servir como um instrumento chave na gestão. Assim, pode-se subsidiar as tomadas de decisão associando os aspectos sócio-econômicos às questões ambientais.

A perda na energia é estimada com base nos valores de vazões que deixam de ser turbinadas para serem destinadas aos outros usos, além da vazão ecológica. Com base nos valores de energia que deixa de ser produzida em prol dos demais usos, podem-se calcular, pelas cotações de valores monetários, os ganhos e as perdas, adotando como critério o valor monetário que estaria sendo gerado ao ser praticado cada cenário avaliado. O valor monetário gerado se refere à quantidade de energia e de produtos agrícolas vendidos em cada cenário. O que resulta em uma movimentação em função da produção com impactos sócio econômicos na região.

No caso da geração, os valores atribuídos à redução na energia gerada pela atividade podem impactar o setor em relação ao atendimento da demanda por energia do Sistema Interligado Nacional – SIN, com impactos que vão além da região onde está instalada a usina. O atendimento pode ser expresso pelo número de domicílios atendidos ou que deixam de ser atendidos pela geração de energia da usina devido aos outros usos.

No cálculo de valores monetários médios com a energia gerada o valor utilizado refere-se ao contratado no edital em que participou a UHEPSJ, em 2005, no 1º leilão de energia nova para contratação de energia proveniente de novos empreendimentos para o SIN (Edital de leilão 002/2005-ANEEL). Neste leilão foi contratada a produção de energia com preço de venda de R\$ 113,22 MWh. Para atualizar este valor pode-se ter como base o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo – IPCA. Pode-se utilizar o IPCA da data anterior ao leilão (16/12/2005) até 31/12/2014. Assim o preço seria o real para 1º de janeiro de 2015.

As cotações utilizadas para os produtos agrícolas podem ser com base nos valores apresentados pelo site da EMATER/RS-ASCAR com o valor médio da Série Histórica – 2010/2014 para a saca de 60 kg de soja e de milho (EMATER/RS-ASCAR, 2015).

A produtividade para as lavouras do RS pode ser definida conforme os dados da Companhia Nacional de Abastecimento com os dados do relatório de acompanhamento da safra, realizado periodicamente, com dados das últimas safras e as previsões das safras futuras (CONAB, 2015).

A situação em que não há competição pelo uso da água no trecho de rio com uma usina hidrelétrica em cada cenário é definida pelo tipo 1 de uso, ou seja, há somente a geração hidrelétrica simulada para diferentes vazões Qeco.

3.2.8 Modelo *Hidroeco BH*

Os resultados de cada cenário simulado são apresentados pelo relatório de simulações com os valores calculados para as vazões turbinadas – Qtur e para as vazões remanescentes na alça – Qalça. Bem como os valores estimados para os ganhos e perdas comparativos entre os tipos de combinações de usuários da água no trecho.

Um dos critérios a serem analisados na competitividade entre os usos da água é a relação entre o aumento de áreas com cultivo irrigado e a perda de energia gerada. Neste caso se espera que quanto maior a área irrigada, maiores serão as perdas na geração. Mas estas perdas na geração podem ser quantificadas e numa avaliação social e econômica justificadas, ou por serem insignificantes com relação às perdas na geração hidrelétrica – redução quase desprezível na energia gerada –

ou por resultarem na produção agrícola que tem como consequência um maior desenvolvimento sócio-econômico regional.

Estas relações podem ser verificadas comparando as vazões turbinadas (energia gerada) com as vazões para os outros usos, e os ganhos e perdas relativos a esses usos em diferentes cenários com o aumento das áreas com irrigação.

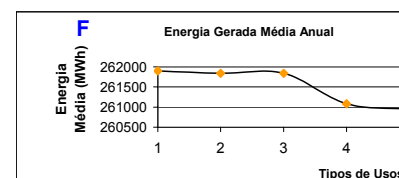
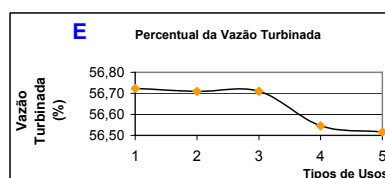
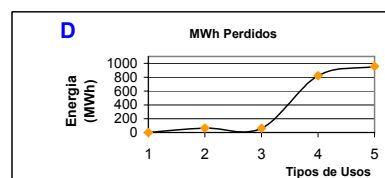
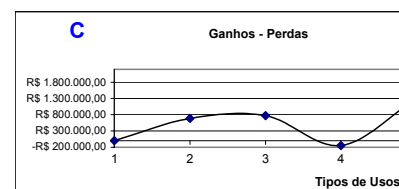
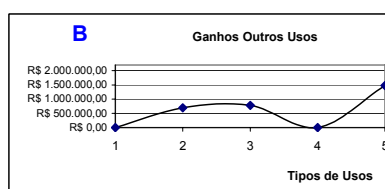
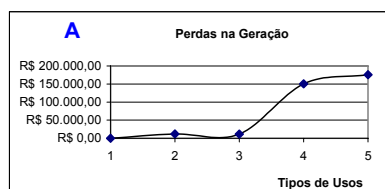
Com relação às cargas urbanas e o seu impacto na geração hidrelétrica tem-se que ao não tratar o esgoto se requer uma vazão para diluição da carga, sem que haja o comprometimento da qualidade da água no trecho. Com isso há menos vazão disponível para a geração.

Ao quantificar essa relação pode-se ter a representação desta situação em termos de energia que deixa de ser gerada, e em termos monetários, com a redução na geração de energia. Com isso tem-se este uso para diluição como um usuário sem ganhos, pois a sua presença representa a não eficiência do setor de saneamento e isso não tem retorno positivo para o trecho de rio. Ou seja, é um uso que não possui um produto que permita a sua conversão para valores monetários.

Na Figura 3.10 está apresentado um exemplo de veiculação dos resultados para um cenário, compondo o relatório dos resultados.

Figura 3-10 – Relatório de Simulação do Modelo *Hidroeco-BH*.

Simulação com LOFepam - Sao Joao no Rio Ijuí											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m3/s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m3/s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS PERDAS \$
1 Ger	1992712,0	56,72	100,00	160,573	29,898	261904	0	R\$ 47.991.282	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ (
2 Ger + Soja	1992221,5	56,71	99,98	160,534	29,890	261839	64	R\$ 47.979.469	R\$ 11.812,99	R\$ 697.560,00	R\$ 685,74
3 Ger + Milho	1992238,5	56,71	99,98	160,535	29,891	261842	62	R\$ 47.979.881	R\$ 11.401,44	R\$ 783.300,00	R\$ 771,89
4 Ger + Urb.	1986465,5	56,55	99,69	160,070	29,804	261083	821	R\$ 47.840.846	R\$ 150.435,57	R\$ 0,00	-R\$ 150,43
5 Todos usos	1985425,8	56,52	99,63	159,986	29,788	260946	958	R\$ 47.815.807	R\$ 175.475,04	R\$ 1.480.860,00	R\$ 1.305,38



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	20,891	92,241	21,077	92,055	21,024	92,108	21,516	91,616	21,835	91,297
2/1/1961	123,91	20,891	103,016	21,077	102,829	21,024	102,883	21,516	102,391	21,835	102,071
3/1/1961	136,84	20,891	115,945	21,077	115,759	21,024	115,812	21,516	115,320	21,835	115,001
4/1/1961	156,23	20,891	135,339	20,891	135,339	20,891	135,339	21,516	134,714	21,516	134,714
5/1/1961	172,39	20,891	151,501	20,891	151,501	20,891	151,501	21,516	150,876	21,516	150,876
6/1/1961	220,88	20,891	199,986	20,891	199,986	20,891	199,986	21,516	199,361	21,516	199,361
7/1/1961	239,19	20,891	218,303	21,077	218,116	21,009	218,184	21,516	217,678	21,820	217,373
8/1/1961	233,81	20,891	212,915	21,077	212,729	21,024	212,782	21,516	212,290	21,835	211,971
9/1/1961	215,49	20,891	194,599	21,077	194,412	21,024	194,466	21,516	193,974	21,835	193,654
10/1/1961	196,10	20,891	175,205	20,891	175,205	20,891	175,205	21,516	174,580	21,516	174,580
11/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	21,516	161,650	21,516	161,650
12/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	21,516	161,650	21,516	161,650
13/1/1961	167,00	20,891	146,114	21,077	145,927	21,008	145,996	21,516	145,489	21,819	145,185
14/1/1961	172,39	20,891	151,501	21,077	151,314	21,024	151,368	21,516	150,876	21,835	150,556
15/1/1961	183,17	20,891	162,275	21,077	162,089	21,024	162,142	21,516	161,650	21,835	161,331
23/12/1995	191,79	27,000	164,785	27,187	164,599	27,187	164,599	27,625	164,160	27,998	163,787
24/12/1995	180,47	27,000	153,472	27,187	153,286	27,187	153,286	27,625	152,847	27,998	152,474
25/12/1995	176,16	27,000	149,162	27,000	149,162	27,000	149,162	27,625	148,537	27,625	148,537
26/12/1995	191,25	27,000	164,246	27,000	164,246	27,000	164,246	27,625	163,621	27,625	163,621
27/12/1995	204,18	27,000	177,176	27,000	177,176	27,000	177,176	27,625	176,551	27,625	176,551
28/12/1995	196,10	27,000	169,095	27,000	169,095	27,000	169,095	27,625	168,470	27,625	168,470
29/12/1995	176,70	27,000	149,701	27,000	149,701	27,000	149,701	27,625	149,076	27,625	149,076
30/12/1995	163,23	27,000	136,233	27,000	136,233	27,000	136,233	27,625	135,608	27,625	135,608
31/12/1995	151,38	27,000	124,381	27,000	124,381	27,000	124,381	27,625	123,756	27,625	123,756

Parâmetros de Simulação

Área lavoura de Soja (ha)	200,0
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1
Área lavoura de Milho (ha)	200,0
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1
Queda de projeto (m)	26,0
Rendimento Usina (%)	73,0
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	270,00

Mes	qEco
1	20,9
2	21,0
3	18,0
4	18,0
5	18,0
6	25,5
7	33,8
8	40,8
9	61,3
10	46,2
11	36,6
12	27,0

Fonte: Próprio autor

No relatório de simulação do *Hidroeco-BH*, da Figura 3.10, observa-se a identificação do cenário, os parâmetros de simulação utilizados e os resultados para os 5 tipos de usos.

O relatório pode ser descrito em 3 partes: 1° – parte superior, com os cálculos de ganhos e perdas e seus 6 gráficos (de A a F), 2° – parte intermediária com os cálculos do balanço hídrico e 3° – parte inferior, com os parâmetros simulados.

Inicialmente na parte superior da planilha, na **primeira coluna** têm-se os **5** tipos de usos das simulações, conforme descrito na Figura 3.5 e apresentado na tabela 3.3 a seguir.

Tabela 3.3 – Tipos de Usos

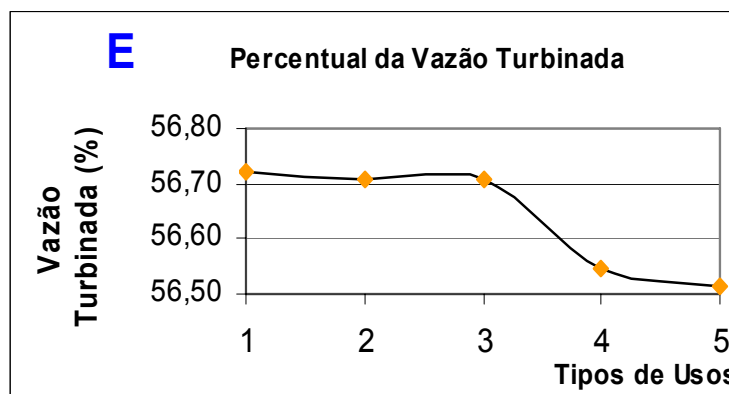
Tipo	Descrição
1	Geração
2	Geração + Soja
3	Geração + Milho
4	Geração + Uso Urbano
5	Todos os Usos

Fonte: Próprio autor

As vazões totais turbinadas para toda a série histórica de dados para cada um dos 5 tipos de combinações de usos são apresentadas na segunda coluna da parte superior da planilha. Estes valores também são apresentados em percentual da vazão afluente (terceira coluna da parte superior da planilha).

No gráfico E, Figura 3.11, apresenta-se o percentual da vazão afluente no rio que foi turbinada considerando cada tipo de uso no cenário simulado.

Figura 3-11 – Percentual da Vazão Turbinada.



Fonte: Próprio autor

A comparação de vazões turbinadas dos tipos de combinações de usos em relação ao uso somente para geração corresponde à quarta coluna da parte superior da planilha. Sendo que a situação tipo 1 refere-se ao caso de não competitividade entre usos, pois há apenas a geração hidrelétrica no trecho.

Com este resultado para cada cenário pode-se avaliar o impacto do tipo de uso na vazão turbinada. No resultado da Figura 3.11, por exemplo, os usos na irrigação, 2 e 3, praticamente não alteram a porcentagem de vazão turbinada, enquanto que nos tipos 4 e 5 se observa um impacto maior, devido a entrada da diluição de cargas no trecho.

Com relação à produção de energia tem-se o cálculo da energia média produzida através da potência média turbinada para cada dia da série histórica de dados. No cálculo da potência média turbinada são consideradas as informações técnicas da usina, como a altura de queda d'água de referência e o rendimento da usina. Com isso os valores de vazões médias turbinadas (quinta coluna da parte superior da planilha) são transformados em potência média turbinada (sexta coluna da parte superior da planilha), conforme a Equação 13 (Schreiber, 1997).

$$\text{Pot} = 9,81 \cdot \eta \cdot Q_{\text{med}} \cdot H \quad (13)$$

Onde:

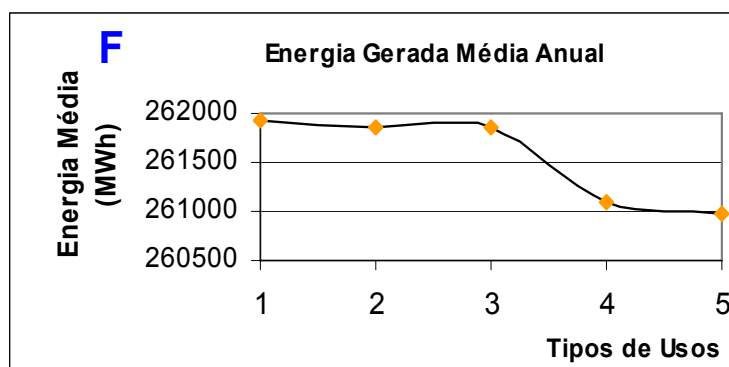
- potência, Pot, é dada em mega Watt (MW);
- η é o rendimento das unidades geradoras da usina, em percentual;
- Q_{med} é a vazão média em m^3/s ;

- H é a queda de projeto, em metros.

Com relação à avaliação de produção de energia média anual, a potência média turbinada é transformada em energia média gerada em um ano, em mega Watt por hora (MWh), em cada tipo de combinação de uso (sétima coluna da parte superior da planilha).

O gráfico F, Figura 3.12, apresenta os valores em MWh da energia média gerada em um ano de operação da usina para cada tipo de uso, nas condições do cenário simulado. Observa-se neste exemplo que a energia média gerada tem a maior redução devido à introdução do uso para diluição de carga urbana (tipos 4 e 5).

Figura 3-12 – Energia média gerada em um ano.

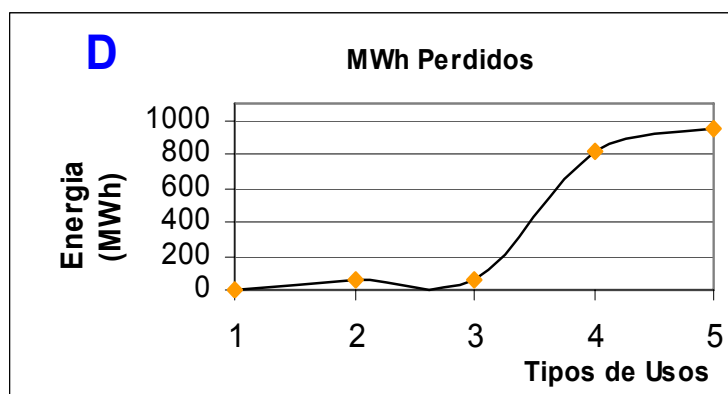


Fonte: Próprio autor

Com isso pode-se calcular a energia média (em MWh) que se deixou de gerar em cada um dos tipos de combinações de usos com relação à geração de energia sem competitividade com outros usos – Tipo 1 (oitava coluna da parte superior da planilha).

No gráfico D tem-se o quantitativo em termos de energia (em MWh) que não é produzida em prol dos outros usos que competem pela água no trecho de rio com vazões alteradas, Figura 3.13.

Figura 3-13 – Energia não produzida.



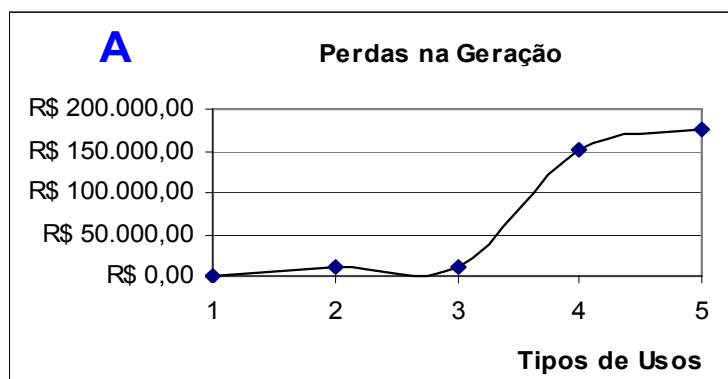
Fonte: Próprio autor

No exemplo desta simulação observa-se que os tipos de usos 4 e 5, com o uso para de diluição de cargas urbanas, se destacam em relação aos usos da irrigação, usos 2 e 3, resultando em maior energia perdida, ou que deixou de ser gerada.

Na sequência pode-se calcular o valor monetário correspondente à energia gerada em cada tipo (**nona coluna** da parte superior da planilha). Este valor monetário se baseia na cotação da energia para a UHEPSJ e serve de parâmetro comparativo na competitividade entre usos. As perda na geração de energia para os tipos de combinações de usos com relação ao uso exclusivo para a geração podem ser observadas na **coluna 10** da parte superior da planilha.

No gráfico **A**, Figura 3.14, é apresentado em Reais, e com base na cotação da energia, o valor estimado que a usina perde por ano pela não produção de energia em cada tipo de usos.

Figura 3-14 – Perdas médias anuais na energia gerada.



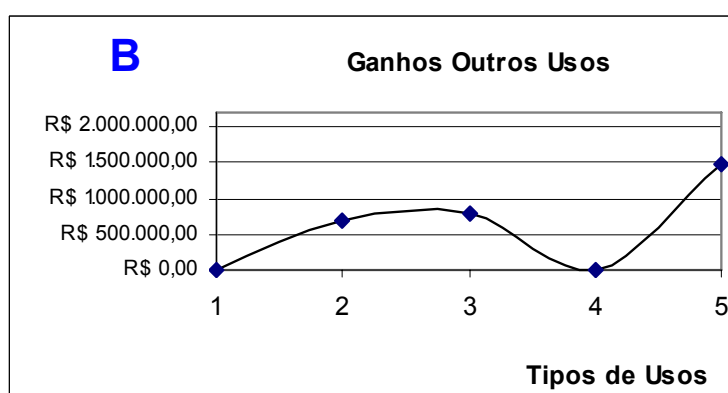
Fonte: Próprio autor

Para a valoração monetária dos demais usos (**coluna 11** da parte superior da planilha) procedem-se as estimativas de produção das lavouras de soja e/ou milho, que depende da área cultivada e da produtividade média e da cotação dos produtos no mercado.

No caso do uso urbano, a valoração é feita com base no valor que deixou de ser gerado devido à necessidade de disponibilidade de vazões para a diluição de cargas no trecho. Com isso este uso não tem ganho.

No gráfico **B**, Figura 3.15, estão apresentados os ganhos relativos à existência dos outros usos no TVA. Estes ganhos referem-se às cotações dos produtos agrícolas, conforme a produção estimada das culturas no cenário.

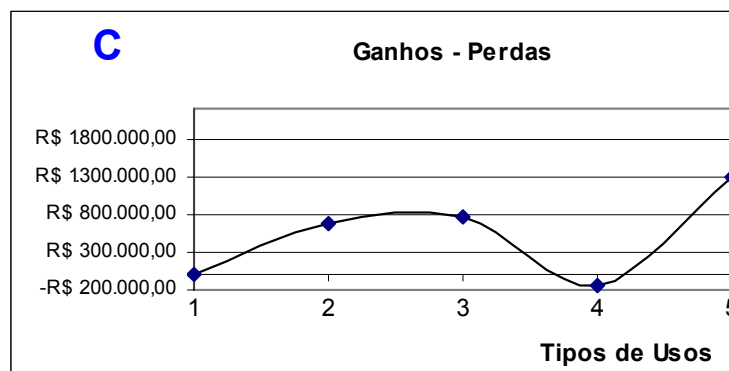
Figura 3-15 – Ganhos dos outros usos competitivos.



Fonte: Próprio autor

Na coluna 12 da parte superior da planilha tem-se a diferença entre os valores de ganhos nos usos em relação às perdas na geração devido a estes outros usos. No gráfico C tem-se a relação entre ganhos dos outros usos e perdas na geração para o cenário utilizado, Figura 3.16.

Figura 3-16 – Diferença entre os ganhos dos Usos e as perdas na geração.



Fonte: Próprio autor

Na parte intermediária da planilha que compõe o relatório de simulação *HidroecoHB* observam-se as datas da série histórica (coluna 1), as vazões afluentes (coluna 2) e os valores calculados para as vazões turbinadas - q_{Tur} e as vazões remanescentes na alça - q_{Alca} , em pares por para cada tipo de usos (de 1 à 5), em toda a série histórica de dados, de 01 de janeiro de 1961 até 31 de dezembro de 1995, totalizando 12815 linhas.

Na parte inferior na planilha tem-se o resumo dos parâmetros de simulação da usina, das culturas de soja e de milho, e das vazões ecológicas utilizadas nos cálculos.

Como forma de se analisar o **amplo espectro** de **informações** produzidas pelo modelo *Hidroeco-BH*, são apresentados os resultados organizados conforme a Tabela 3.4, com os resultados para o regime de vazão ecológica licenciado pela Fepam (LOFepam) no empreendimento UHEPSJ.

Além da análise acerca dos valores perdidos na geração em termos de energia em MWh, e em termos monetários em R\$, pode-se verificar os ganhos relativos ao uso na irrigação como forma de demonstrar o impacto desta atividade na região em que se insere o TVA. Quanto à análise de ganhos relativos ao uso

urbano verifica-se que são nulos, pois este uso não gera ganhos, apenas perdas na geração.

Tabela 3.4 – Competição entre usos no TVA para a Qeco LO da Fepam.

Cenários		1	2	3	4	5	6
		200ha Soja/Milho e 50% de remoção DBO	600ha Soja/Milho e 50% de remoção DBO	1000ha Soja/Milho e 50% de remoção DBO	200ha Soja/Milho e 90% de remoção DBO	600ha Soja/Milho e 90% de remoção DBO	1000ha Soja/Milho e 90% de remoção DBO
Tipos de usos							
1	Geração	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
		R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
2	Geração + Soja	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
		R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
3	Geração + Milho	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
		R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
4	Geração + Uso Urbano	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
		R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
5	Todos os Usos	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
		R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$

Fonte: Próprio autor

Cada uma das 6 colunas desta tabela gera um relatório com a simulação dos 5 tipos de usos na LO Fepam. Estes seis relatórios são apresentados na abertura do capítulo 4 de resultados e discussões. Além disso, apresentam-se os resultados nos **60** cenários básicos da Tabela 3.1 onde é possível verificar os impactos dos outros usos do TVA na geração hidrelétrica para os diversos regimes de vazões ecológicas.

3.3 Auditoria do modelo

O funcionamento do modelo é testado para a validação do mesmo. Para tanto se espera um comportamento correto do modelo com os resultados coerentes e conforme o esperado com base nos dados utilizados.

Como o que ocorre utilizando cenários em que as áreas de lavouras de soja e de milho variam. Neste caso se espera que as vazões demandadas para as lavouras irrigadas aumentem com o aumento das áreas; assim como se espera que o modelo apresente resultados com valores para as vazões turbinadas diminuindo com o aumento das áreas das lavouras, mais evidente em grandes áreas (com maiores demandas).

Como as demandas das plantas, a época de semeadura e as áreas das lavouras para as culturas da soja e do milho têm valores próximos nos cenários simulados, é esperado que o modelo apresente o valor de variação dos percentuais de vazão turbinada para o milho igual ao encontrado para a soja.

Uma forma de se verificar se o modelo desmontra uma diferença pode ser com a simulação de um cenário com as áreas diferentes para a soja e para o milho, já que as demandas e época de semeadura variam pouco.

Com relação ao uso urbano, uma população maior deve resultar em uma demanda maior de vazão para a diluição das cargas dentro de um mesmo coeficiente de remoção. Para uma mesma população se espera que o aumento do coeficiente de remoção da carga de 50% para 90% resulte em menores vazões demandadas para diluição da carga.

Com relação às variáveis utilizadas pelo modelo, como a variável usada para a representação dos processos envolvidos no armazenamento de água no solo após a ocorrência de uma chuva, a sua representatividade pode ser testada com a simulação de cenários com valores diferentes para a mesma. Com isso a utilização do valor de 50% pode ser considerada adequada para o estudo proposto, embora qualquer valor percentual possa ser testado.

Com relação aos tipos de usos espera-se que a diferença entre o percentual de vazão turbinada do tipo 1 (somente geração) e do tipo 5 (todos os usos) corresponda ao percentual da vazão afluyente que deixa de ser turbinada ao introduzir estes outros usos no TVA competindo com a geração.

Consequentemente, o menor valor desta diferença é resultado da combinação que tem a menor vazão demandada para o tipo 5, com todos os usos competindo pela água. Isso ocorre na combinação da maior remoção da carga de DBO (90%) com a menor área irrigada (200 ha de soja e 200 ha de milho). Assim o maior valor da diferença resulta da maior vazão demandada, que ocorre na combinação da maior área, com a menor remoção da carga de DBO.

Além da simulação das áreas variando conforme definido nos cenários, outras áreas podem ser simuladas, representando perímetros de irrigação maiores que podem ser a realidade de outras regiões com este arranjo de usos em TVA. Da mesma forma o uso urbano pode ser simulado para populações maiores que a de 10 mil habitantes dos cenários propostos. Com isso se espera que os resultados representem os impactos destes valores, demonstrando a aptidão do modelo para outras situações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

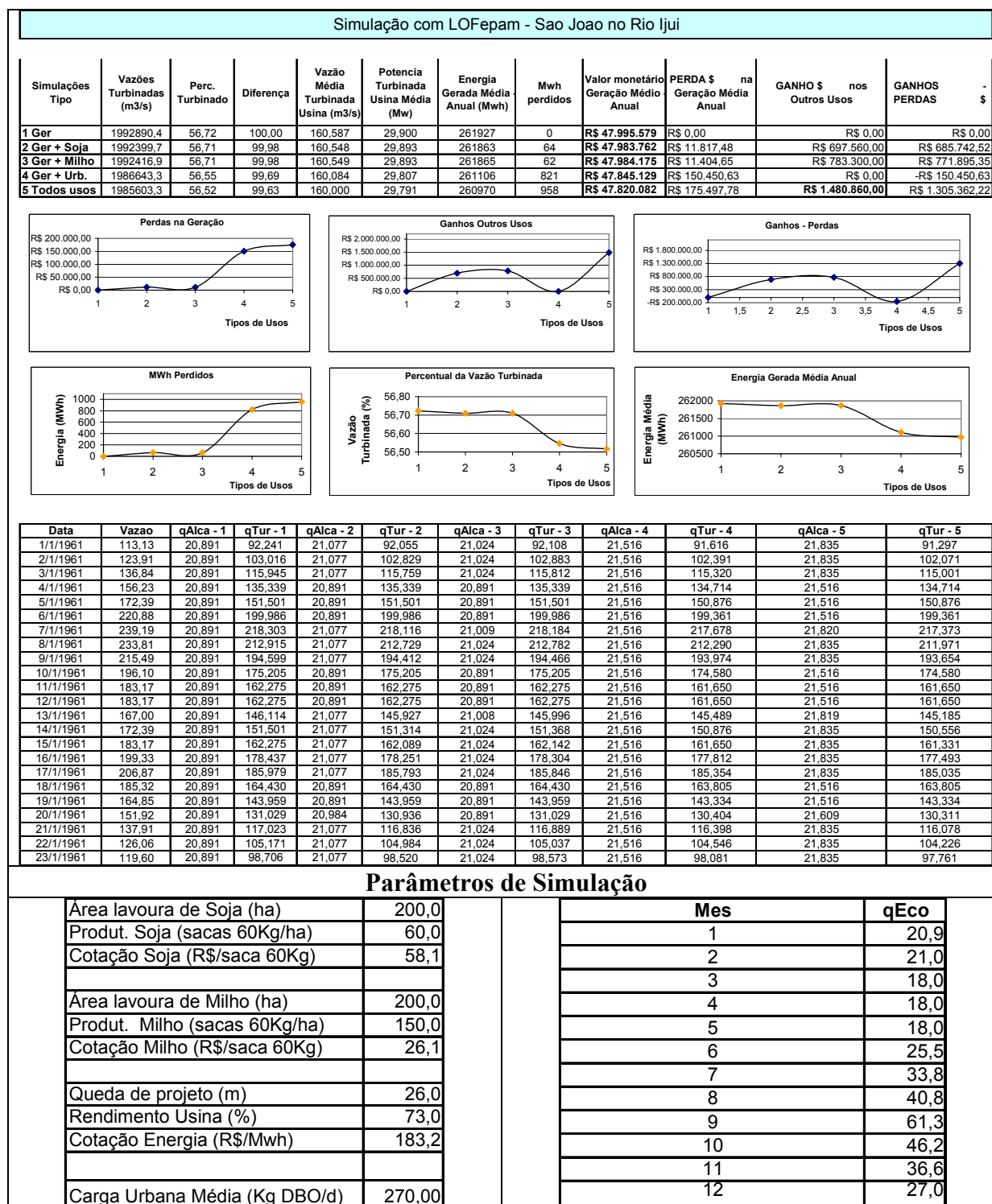
4.1 Resultados da Simulação de Cenários

Foram simulados os cenários para o regime de vazões ecológicas da LO da Fepam, com as áreas de lavouras de **200**, de **600** e de **1000** hectares de cultivo de soja e de milho. Para o uso urbano, a produção de carga urbana utilizada nas simulações refere-se a uma população de **10 mil** habitantes, com eficiências no tratamento dos esgostos de **50%** e de **90%**. Para os 5 tipos de usos conforme a tabela 3.3.

Os resultados da LO da Fepam são apresentados em sequência, nas Figuras 4.1 a 4.6.

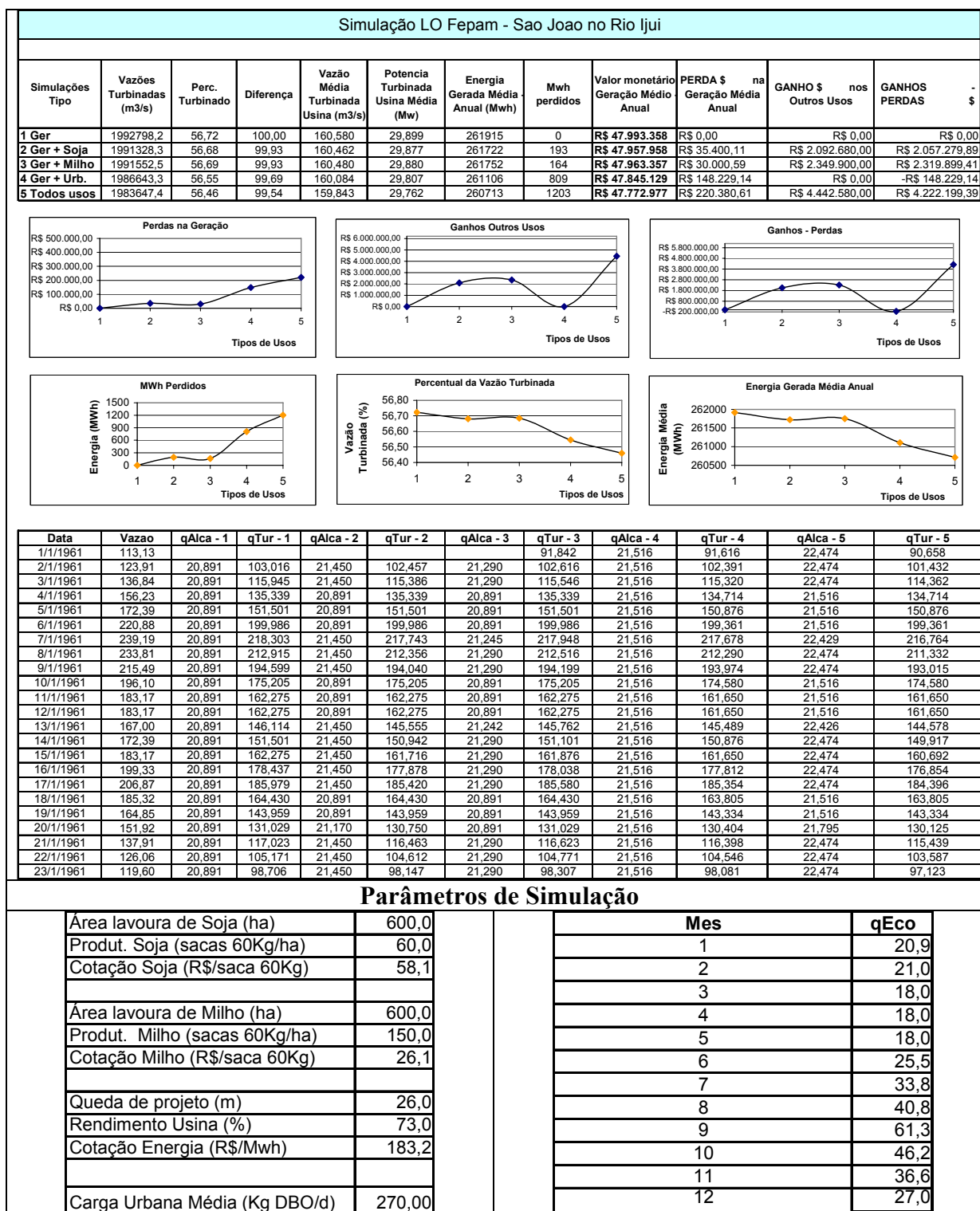
A totalidade dos 60 cenários básicos, com os demais regimes de vazões ecológicas, foram simulados conforme a Tabela 3.1 e os seus resultados podem ser apreciados no Apêndice 1.

Figura 4-1 – Cenário 10: LO Fepam, 200ha, com remoção de 50% da DBO.



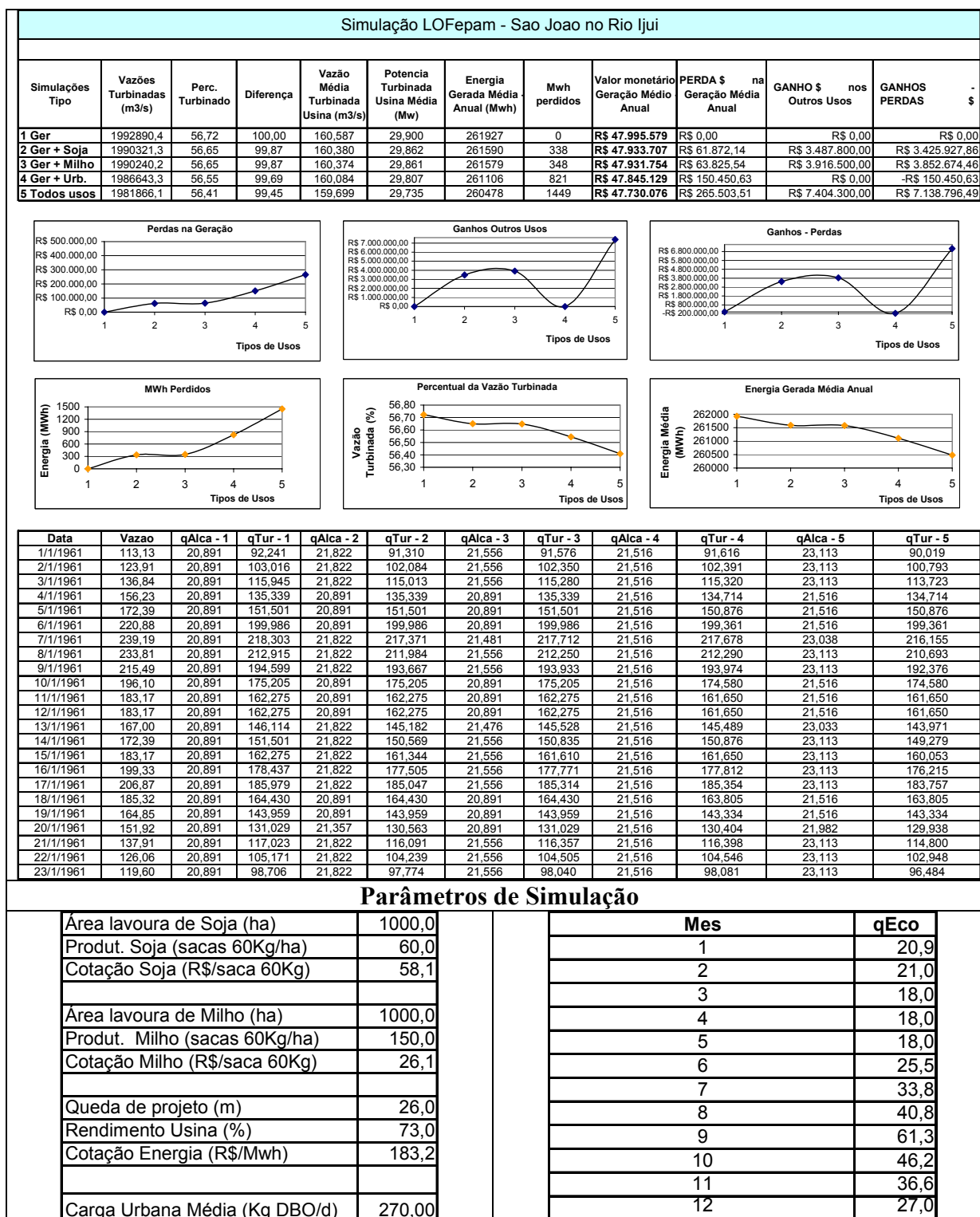
Fonte: Próprio autor

Figura 4-2 – Cenário 20: LO Fepam, 600ha, com remoção de 50% da DBO.



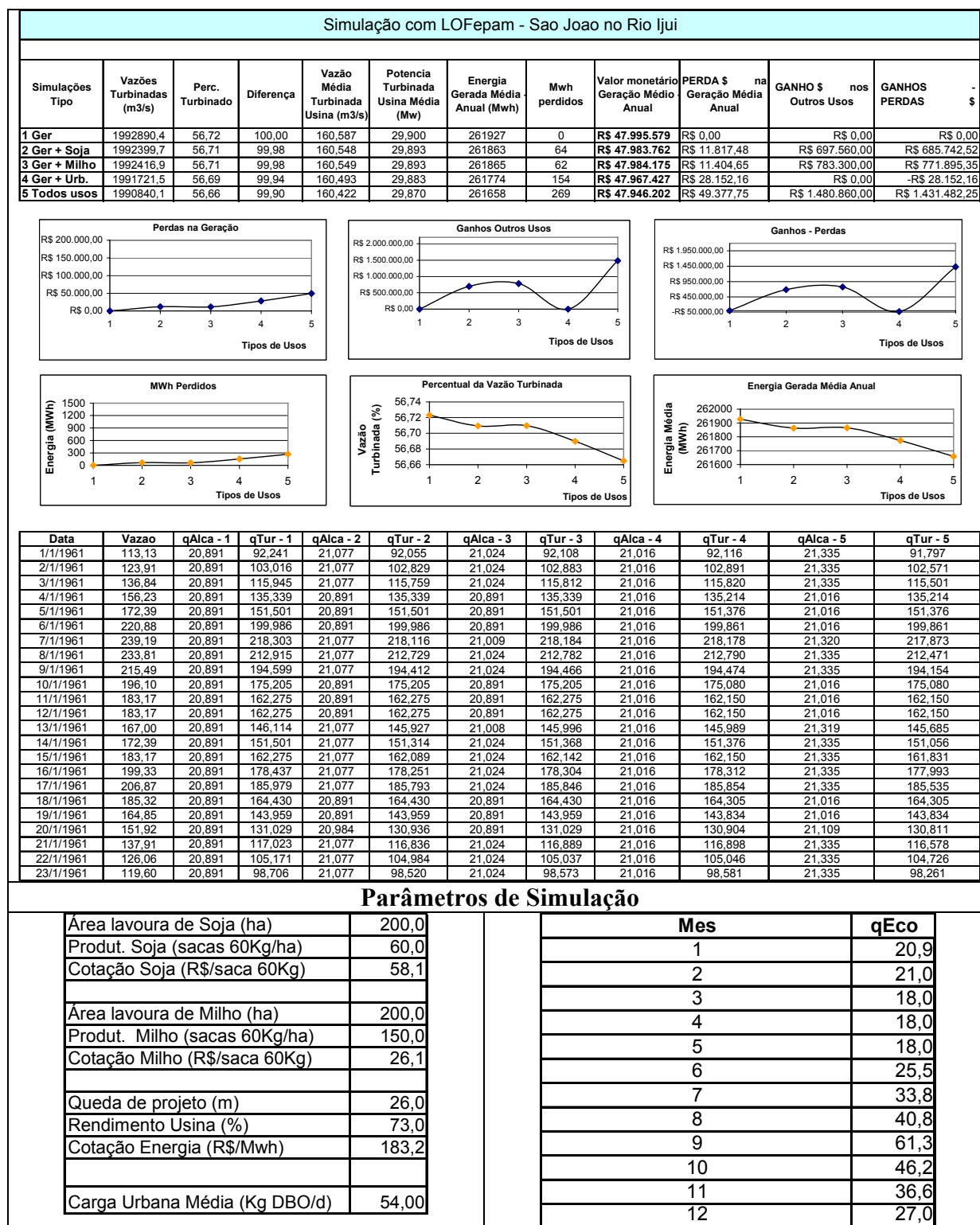
Fonte: Próprio autor

Figura 4-3 – Cenário 30: LO Fepam, 1.000ha, com remoção de 50% da DBO.



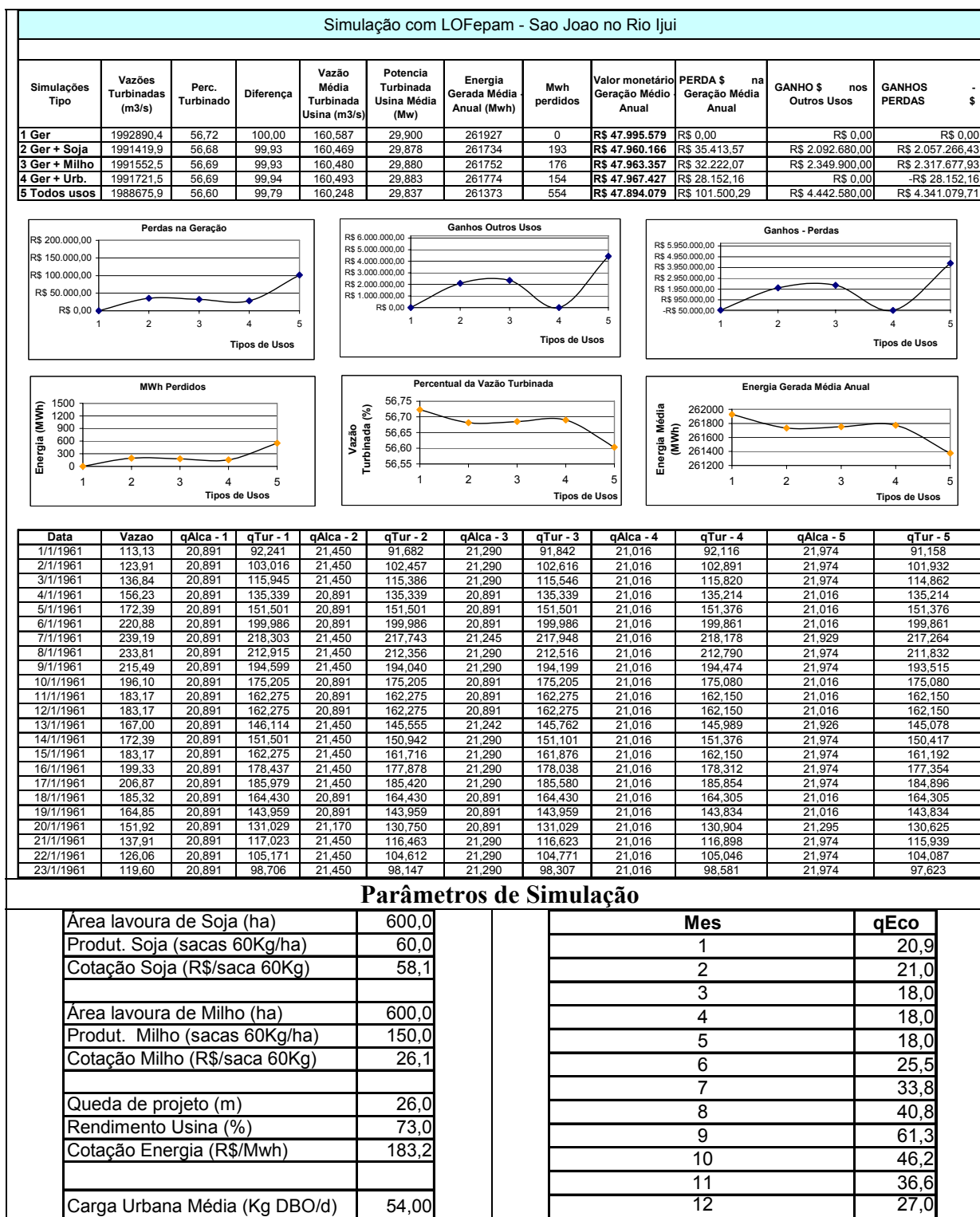
Fonte: Próprio autor

Figura 4-4 – Cenário 40: LO Fepam, 200ha, com remoção de 90% da DBO.



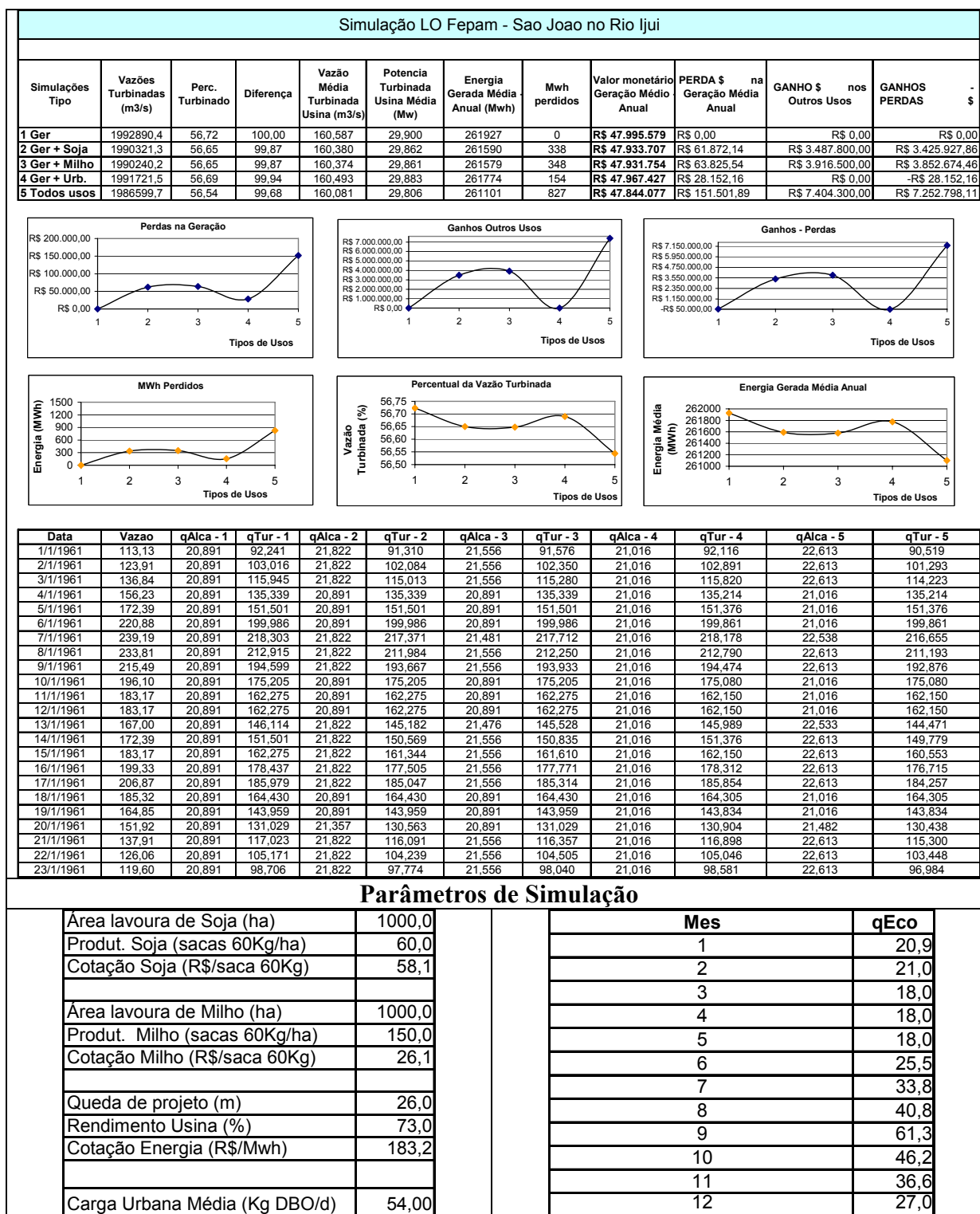
Fonte: Próprio autor

Figura 4-5 – Cenário 50: LO Fepam, 600ha, com remoção de 90% da DBO.



Fonte: Próprio autor

Figura 4-6 – Cenário 60: LO Fepam, 1.000ha, com remoção de 90% da DBO.



Fonte: Próprio autor

Todos os cenários foram definidos sem a variação da carga ao longo dos meses do ano. Ou seja, considerando a produção de carga da população constante

ao longo deste período. Com produção média *per capita* de 0,054kg DBO/hab/dia. Conforme a Tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1 – Cargas médias.

Mês	Carga kgDBO/dia, com remoção de 50%	Carga kgDBO/dia, com remoção de 90%
1	270	57
2	270	57
3	270	57
4	270	57
5	270	57
6	270	57
7	270	57
8	270	57
9	270	57
10	270	57
11	270	57
12	270	57

Fonte: Próprio autor

A classe de enquadramento para a qualidade da água no trecho de rio em relação ao parâmetro DBO é a classe II, conforme o enquadramento do trecho.

Na geração de energia hidrelétrica, foi usado o valor conforme cotação do leilão de energia de 2005, atualizado para janeiro de 2015, resultando em R\$ 183,24/MWh. O consumo médio mensal de energia considerado para uma residência é de 156 kWh, conforme os dados da empresa de pesquisa energética – EPE para o ano de 2012 (EPE, 2014). Isso equivale a um consumo médio anual de 1,88 MWh por residência.

As cotações utilizadas para os produtos agrícolas se basearam nos valores apresentados no site da EMATER/RS-ASCAR com o valor médio da Série Histórica – 2010/2014 para a saca de 60 kg de soja e de milho, de R\$ 58,13 e R\$ 26,11, respectivamente (EMATER/RS-ASCAR, 2015).

A produtividade média para as lavouras do Rio Grande do Sul foi definida conforme os dados do da Companhia Nacional de Abastecimento com os dados do nono relatório de acompanhamento da safra, publicado em junho de 2015. Os valores de produtividade para o milho 1° safra e soja na safra 2014/2015 utilizados foram de 6560 kg/ha e 2835 kg/ha respectivamente Conab (2015), correspondentes a 109,33 sacas/ha para o milho 1° safra e 47,25 sacas/ha para a soja. Observando

que a safra 2015 foi considerada sem problemas de natureza hídrica, ou seja, as chuvas foram bem distribuídas nas regiões produtoras, resultando no bom desenvolvimento das lavouras e no recorde de produção.

Como o estudo está considerando as culturas com irrigação, a produtividade é garantida em períodos de estiagem, podendo alcançar valores maiores nessa região. Com isso foi estipulada uma produtividade média de 60 sacas/ha para a soja e de 150 sacas/ha para o milho.

A época de semeadura foi definida conforme calendário comum praticado na região. Para a soja de outubro a janeiro e para o milho de outubro a fevereiro.

Foram utilizados valores médios mensais de demanda diária da planta, conforme etapa do ciclo de desenvolvimento da lavoura com semeadura da soja e do milho em outubro de cada ano. Nos demais meses as demandas para a irrigação ficam zeradas, conforme dados apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Demandas agrícolas diárias e época de semeadura.

Mês	D Soja (mm)	D Milho (mm)
1	7,0	5,0
2	0,0	2,0
3	0,0	0,0
4	0,0	0,0
5	0,0	0,0
6	0,0	0,0
7	0,0	0,0
8	0,0	0,0
9	0,0	0,0
10	7,5	5,0
11	5,0	7,0
12	7,0	7,0

Fonte: Próprio autor

Na avaliação da competitividade são apresentados e discutidos os resultados referentes aos cenários simulados considerando **apenas a geração** no trecho (tipo 1) e considerando os **demais usos** no TVA da UHEPSJ, variando a área com culturas agrícolas irrigadas de soja e de milho e a eficiência de tratamento dos esgotos urbanos com remoção da carga poluidora.

Para isso o regime de vazão ecológica foi o definido no licenciamento de operação da usina, **LO Fepam**.

A apresentação e discussão dos resultados podem ser localizados na Tabela 4.3, identificando a respectiva itemização referente no capítulo.

Tabela 4.3 – Organização do Capítulo 4.

Tipos	Usos – Resultados e Discussões	Item relativo aos resultados
1	Geração de Hidroeletricidade	item 4.2
2	Geração e Uso para a Irrigação da Soja	item 4.3
3	Geração e Uso para a Irrigação do Milho	item 4.4
4	Geração e Uso Urbano	item 4.5
5	Geração e Soja, Milho, Urbano	item 4.6
-	Cenários Conjuntos dos Demais Regimes Ecológicos	item 4.7
-	Generalidades do Modelo e Recomendações	Item 4.8

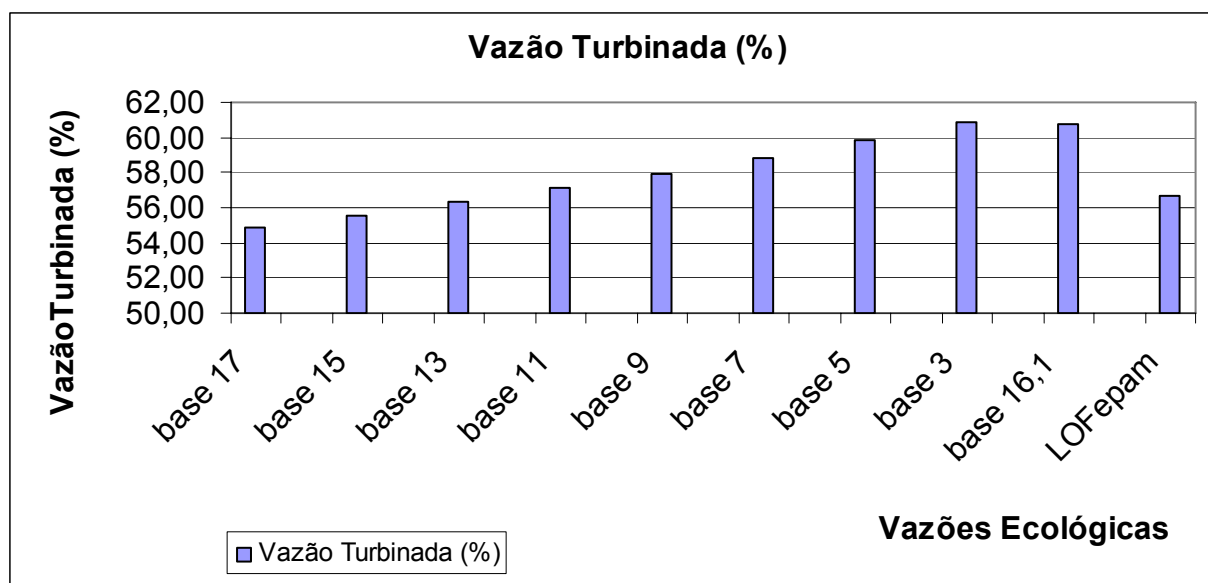
Fonte: Próprio autor

4.2 Geração de Hidroeletricidade

No Tipo 1, com somente a geração de hidroeletricidade, os valores a serem gerados não competem pelo uso da água para a irrigação, nem com uma vazão para diluição de cargas de DBO. Neste caso somente se verifica uma competitividade entre a geração e as vazões ecológicas. Ou seja, para uma mesma vazão ecológica os valores de geração não se alteram para as simulações com diferentes áreas ou coeficientes de remoção da DBO.

Assim, para os diferentes cenários de vazões ecológicas com as simulações do Tipo 1 verifica-se que os valores de percentual de vazões afluentes que serão turbinados variaram conforme apresentado no gráfico da Figura 4.7.

Figura 4-7 – Percentual de Vazão Turbinada.



Fonte: Próprio autor

Pode-se observar que os regimes de vazões ecológicas tiveram impacto na geração, sendo os regimes com as vazões constantes em 16,1 m³/s e o de base 3 m³/s os que apresentaram maiores valores de percentual de vazão turbinada, ou seja, tiveram menor impacto na geração.

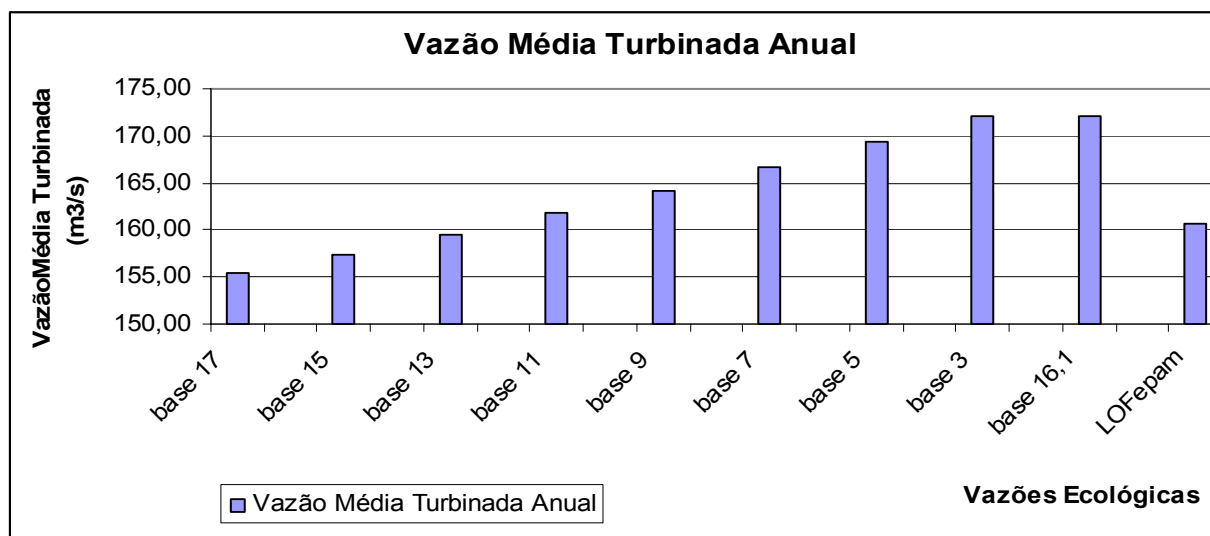
O regime de menor percentual de vazão turbinada foi o de base 17 m³/s, que corresponde ao maior valor da vazão de base.

Verifica-se que o regime com as vazões constantes de 16,1 m³/s teve impacto menor na geração que o do regime de base 17 m³/s. A razão da diferença entre estes regimes de Qeco é explicada pelos valores acima do valor de base 17 m³/s, que podem alcançar 71,6 m³/s nos meses de setembro, conforme apresentado anteriormente no Quadro 3.3.

Observa-se que o regime do licenciamento ambiental (LO Fepam) se apresentou em um patamar intermediário de percentual de vazão turbinada, e com o percentual entre os regimes de base 11 m³/s e de base 13 m³/s.

Estes valores de percentual de vazão turbinada consequentemente influenciaram na vazão média turbinada anualmente, conforme se pode observar no gráfico da Figura 4.8.

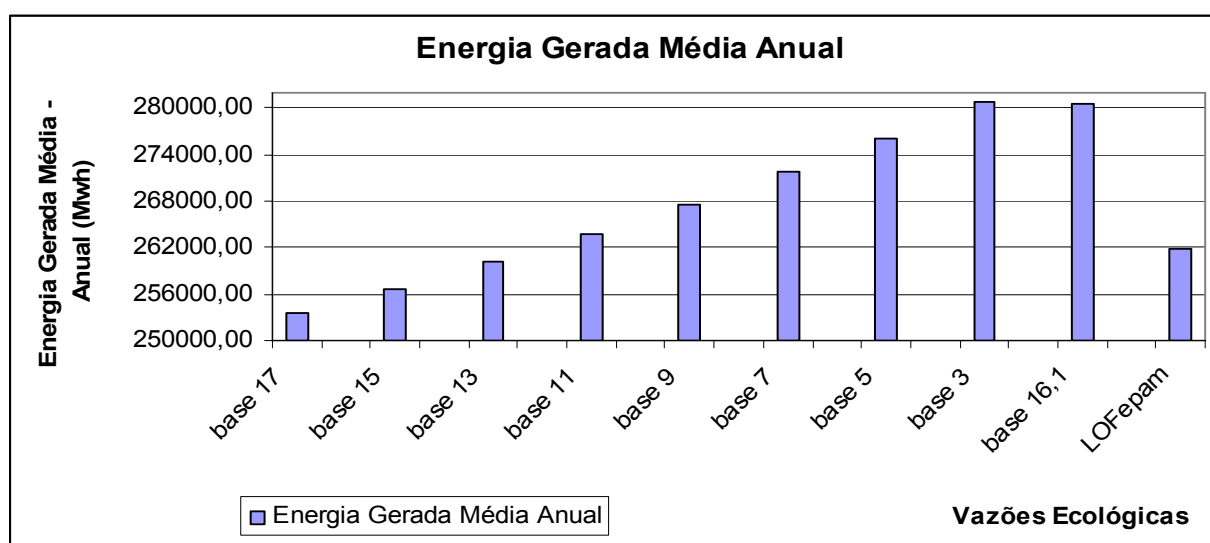
Figura 4-8 – Vazão Média Turbinada por Ano.



Fonte: Próprio autor

A vazão média turbinada teve os valores máximos e mínimos conforme a maior e a menor porcentagem de vazão turbinada. Com mínimo no regime de base 17 m³/s e os maiores valores nos regimes de vazões constantes em 16,1 m³/s e o de base 3 m³/s. Isso corresponde à quantidade de energia gerada, em MWh. A média anual de energia gerada pode ser observada no gráfico da Figura 4.9 a seguir.

Figura 4-9 – Energia Gerada Média Anual.



Fonte: Próprio autor

Para se ter uma idéia do impacto destas vazões ecológicas na geração, verifica-se na Tabela 4.4 a energia que deixou de ser gerada utilizando os regimes alternativos de vazão ecológica com relação ao regime em operação na usina (LO Fepam), além do número de domicílios que são atendidos para cada regime de vazão ecológica e a relação (em %) destes regimes com o regime do licenciamento ambiental (LO Fepam). Para isso foi considerado que cada residência tem um consumo médio anual de 1,88 MWh (EPE, 2014).

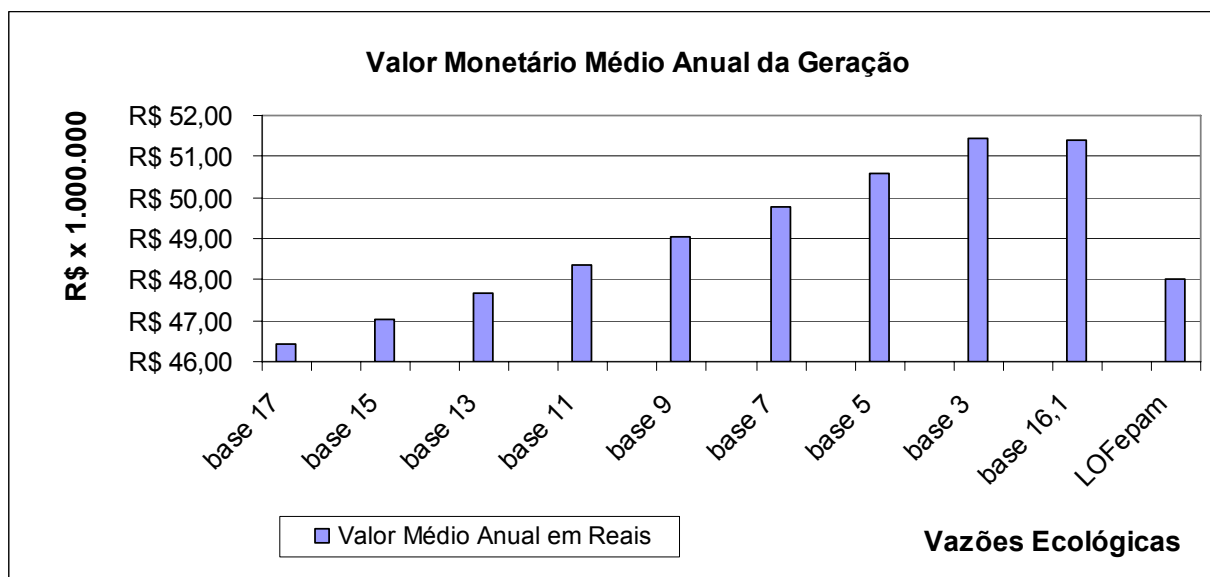
O valor monetário médio anual, conforme a cotação da energia, referente a esta produção de energia, pode ser observado no gráfico da Figura 4.10.

Tabela 4.4 – Energia e Domicílios atendidos pela geração na UHEPSJ.

Regime de Vazão Ecológica	base 17 (m³/s)	base 15 (m³/s)	base 13 (m³/s)	base 11 (m³/s)	base 9 (m³/s)
Energia Gerada Média Anual (MWh)	253471,45	256724,22	260166,51	263824,73	267631,81
Nº de Domicílios Equivalente	134710,59	136439,32	138268,77	140212,97	142236,29
% de domicílios em Relação ao Regime LO Fepam	96,77	98,01	99,33	100,72	102,18
MWH Perdidos: LO Fepam - Outros Regimes	8455,96	5203,19	1760,90	-1897,31	-5704,39
Regime de Vazão Ecológica	base 7 (m³/s)	base 5 (m³/s)	base 3 (m³/s)	base 16,1 (m³/s)	LOFepam
Energia Gerada Média Anual (MWh)	271729,70	276138,99	280826,13	280587,61	261927,41
Nº de Domicílios Equivalente	144414,17	146757,54	149248,58	149121,82	139204,62
% de domicílios em Relação ao Regime LO Fepam	103,74	105,43	107,22	107,12	100,00
MWH Perdidos: LO Fepam - Outros Regimes	-9802,28	-14211,58	-18898,71	-18660,20	0,00

Fonte: Próprio autor

Figura 4-10 – Valor Monetário da Geração por Qeco.



Fonte: Próprio autor

Com isso é possível verificar que entre os regimes de vazões ecológicas simulados, os que resultaram em maiores valores de ganho, em termos monetários, na geração, foram os regimes com as vazões constantes em 16,1 m³/s e o de base 3 m³/s, com R\$ 51.414.874,45 e R\$ 51.458.579,25, respectivamente. Enquanto o regime com maior impacto, de base 17 m³/s, proporcionou um ganho para a geração de R\$ 46.446.109,25, representando 9,75% a menos que no regime com maior ganho, de base 3 m³/s.

Para o regime de operação da usina, o LO Fepam, o ganho é de R\$ 47.995.579,32. A diferença entre o regime com maior geração (base 3 m³/s) e o regime de operação (LO Fepam) foi de R\$ 3.462.999,93, que representou 6,73% a menos que no regime de base 3 m³/s.

Com isso percebe-se que a definição do regime de vazão ecológica teve reflexos monetários consideráveis na geração de energia. Consequência da influência destes regimes de vazão ecológica na quantidade de energia gerada.

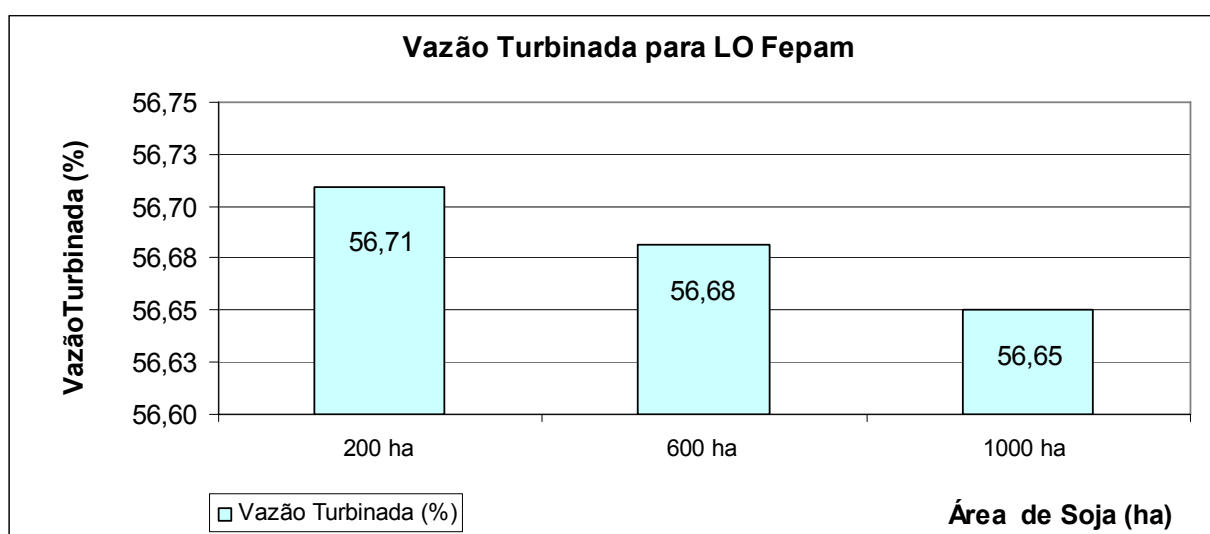
4.3 Geração e uso para a irrigação de soja

Na análise dos resultados da competitividade entre os usuários da água para a geração hidroelétrica e para o cultivo de soja irrigada no TVA da UHEPSJ foram

observados e apresentados os valores correspondentes ao regime de vazões ecológicas do licenciamento ambiental - LO Fepam, com as áreas de 200, 600 e 1.000 hectares.

Com o aumento das áreas das lavouras de soja se esperava uma diminuição da porcentagem de vazão que foi turbinada, bem como no valor da energia gerada. A variação do percentual pode ser confirmada pelas simulações, conforme se observa no gráfico da Figura 4.11.

Figura 4-11 – Percentual de Vazão Turbinada com Irrigação de Soja.



Fonte: Próprio autor

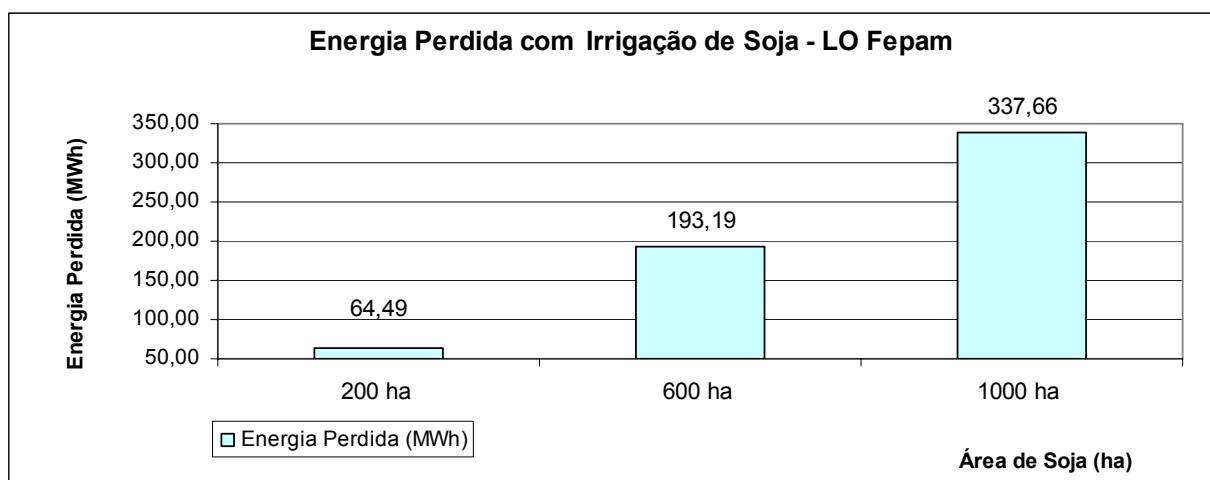
O percentual de vazão turbinada, da maior área, correspondeu à 99,87% do percentual turbinado caso não houvesse irrigação. Verifica-se que a variação do percentual de vazão turbinada para as áreas simuladas foi pequena, variando entre o máximo e o mínimo em **0,06% entre si**, de 56,65% (200 ha) a 56,71% (1000 ha).

Este valor foi próximo do valor encontrado para a geração sem os outros usos (56,72%). Isso indica que a atividade da irrigação de lavoura de soja, com as áreas até 1.000 hectares, teve pouca influência nas vazões a serem turbinadas pela UHEPSJ, resultando em baixos impactos nos valores de energia perdida para proporcionar a produção agrícola de soja irrigada. Para a área de 5.000 hectares, equivalente a 50 km², quase o tamanho da bacia incremental de 58 km², a porcentagem de vazão turbinada foi de 56,37%. Com isso a porcentagem de vazão

turbinada foi de 99,38% do valor turbiando em relação ao caso da geração sem outros usos.

Na Figura 4.12 pode-se observar os valores de energia perdida, em MWh, devido ao aumento da área irrigada com soja até 1.000 ha, para a vazão ecológica LO Fepam.

Figura 4-12 – Energia Perdida com Irrigação de Soja.



Fonte: Próprio autor

A energia que deixou de ser gerada por causa da irrigação com a área de 1.000 ha de soja, representou 0,128% da energia total produzida sem os outros usos. Para uma área de 5.000 ha, o valor foi de 1616 MWh médio anual. O que equivale a cerca de 0,6% da energia total produzida sem os outros usos.

Os valores de MWh perdidos com a competitividade da geração com a lavoura de soja representaram o não atendimento de um número de domicílios equivalente, em média em um ano, a 34 domicílios para o caso de 200 ha de soja, a 73 domicílios para 600ha de soja e a 179 domicílios para os 1000 ha de soja. Em consequência, na maior área, este valor representa 0,128% em relação ao total de domicílios que poderiam ser atendidos, caso não houvesse a competição da geração com a lavoura de soja.

Fazendo uma relação entre a energia perdida, em MWh, e a área, em com cultivo irrigado, tem-se o valor da energia perdida por hectare de soja. Este valor

aumentou com a elevação da área até o pico e depois diminuiu para as áreas maiores, ficando em média em 0,33 MWh/ha.

O valor encontrado para as áreas de 200 ha e de 600 ha corresponde à 0,32 MWh/ha. Para a área de 1.000 ha é de 0,34 MWh/ha. Isso significa que para a produção de um hectare de soja irrigada (para lavouras de 200 ha até 1.000 ha) se perdeu em média 0,33 MWh na geração média em um ano.

Fazendo simulações com áreas muito maiores tem-se situações que corresponderiam à imensas lavouras com captação de água no TVA, o que pode não representar a realidade, pois pressupõe-se que lavouras com milhares de hectares devem reservar água para irrigação através de açudes, com fonte provenientes da água da chuva, não apenas da captação no rio.

Considerando lavouras, com áreas maiores que 1.000 ha, até 50.000 ha, tem-se que os valores da energia perdida por hectare de soja tenderam diminuindo com o aumento da área, conforme se observa na tabela 4.5 a seguir. Os relatórios destas simulações podem ser vistos no Apêndice 2.

Tabela 4.5 – Energia perdida por hectare de soja

Área (ha)	MWh por hectare Soja
200	0,32
600	0,32
1000	0,34
5000	0,32
10000	0,31
30000	0,29
50000	0,27

Fonte: Próprio autor

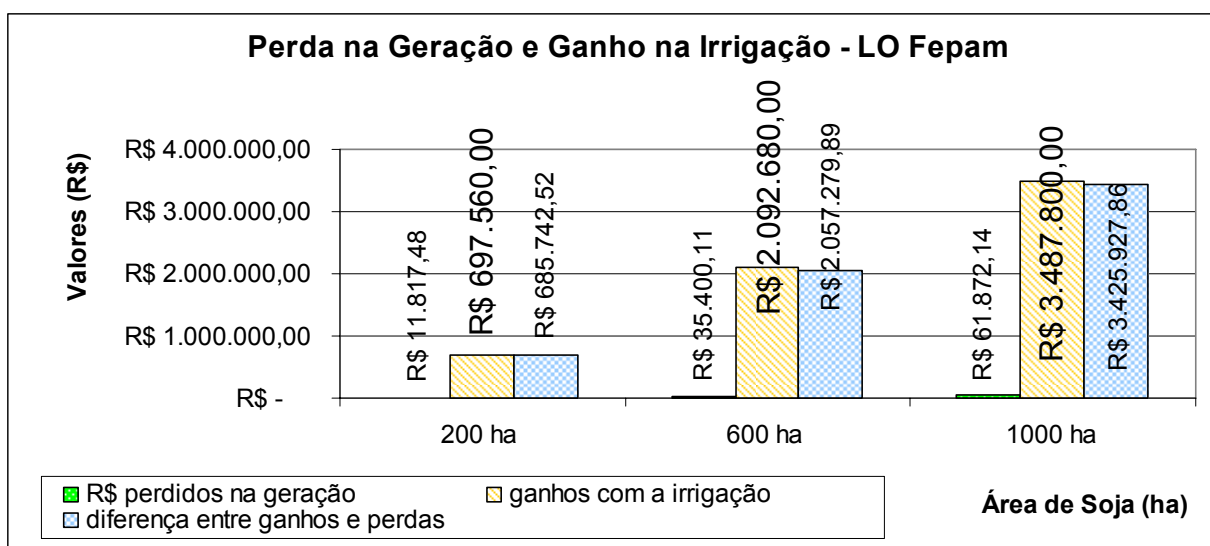
Dos dados da tabela 4.5 se observa que entre as áreas simuladas, a área de 1.000 ha representou o pico de energia perdida por hectare. Com áreas maiores, de 5.000 há a 50.000 ha, os valores de energia perdida por hectare diminuiram com o aumento da área.

Isso se deve ao balanço hídrico no TVA, conforme detalhado anteriormente no fluxograma 3 da Figura 3.8. Para irrigar as áreas maiores, há menos vazão turbinada, portanto, menos energia gerada. Por consequência, a perda de energia gerada em MWh/ha diminui com o aumento da área.

Embora o valor da energia perdida seja pequeno, este valor pode ser um argumento desfavorável à irrigação na competição pelo uso da água no TVA simplesmente por se tratar de uma diminuição na energia gerada. Mas ao comparar as perdas de energia gerada com os ganhos com a irrigação de soja até 1.000 hectares, em termos monetários, se verificou uma diferença entre as perdas e os ganhos bastante significativa.

Na Figura 4.13 se tem as perdas, em termos monetários, na geração, os ganhos, em termos monetários, com a irrigação de até 1.000 ha de soja; e a diferença entre os mesmos para a média anual de produção.

Figura 4-13 – Perdas na geração e ganhos na irrigação de soja.



Fonte: Próprio autor

Verifica-se que o aumento das áreas resultou em maiores perdas na geração, em termos monetários. No caso da maior área, de 1.000 hectares, isso representou perder R\$ 61.872,14 na geração para obter o ganho 56 vezes maior, de R\$ 3.487.800,00 com a produção de soja. Da mesma forma se obteve o ganho equivalente a 58,9 vezes ao comparar o valor da perda na geração para irrigar 5.000 ha de soja, de R\$ 296.070,65, com o ganho desta produção agrícola, de R\$ 17.439.000,00.

Ao analisar o ganho da irrigação de soja, para 1.000 ha (R\$ 3.487.800,00) tem-se que este valor representou aproximadamente a diferença entre o regime de vazão ecológica com maior geração (base 3 m³/s) e o regime de operação (LO

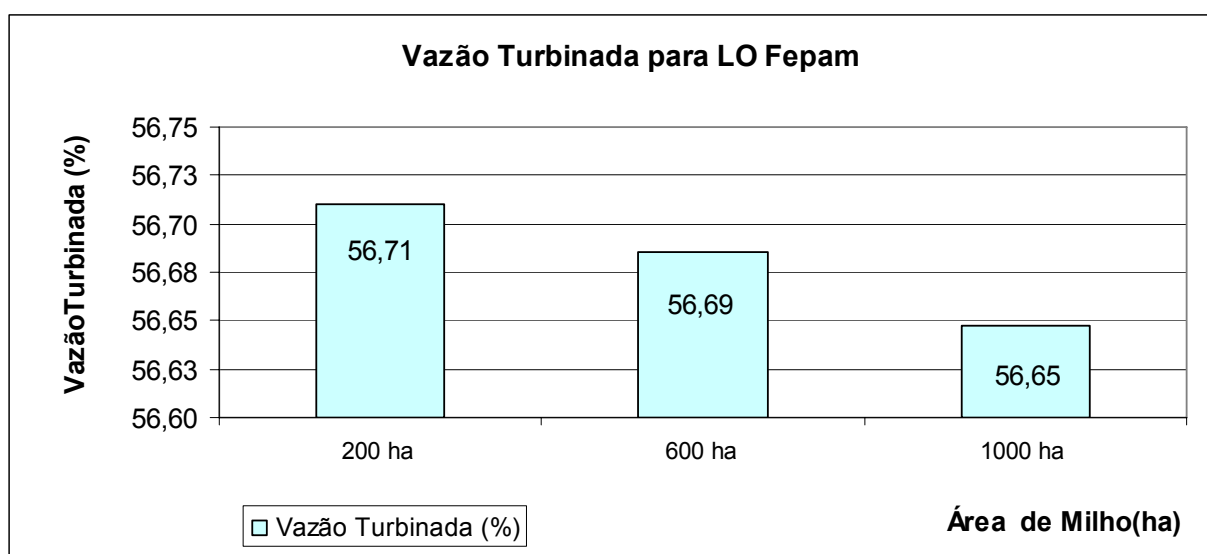
Fepam) que foi de R\$ 3.462.999,93. Com isso irrigar 1.000 ha de soja teria o mesmo impacto monetário na geração que a utilização de um regime de vazão ecológica menos restritivo (base 3 m³/s) em relação ao regime de operação da usina, LO Fepam.

Estes resultados caracterizaram a atividade da irrigação como um uso competitivo com retornos econômicos maiores do que os valores percebidos com a energia que deixa de ser gerada. Isso sugere que a atividade de irrigação teve um impacto representativo na economia regional. Este impacto na economia poderia justificar a perda na geração de energia.

4.4 Geração e uso para a irrigação de milho

No caso das áreas de 200, 600 e 1.000 hectares com produção de milho com uso da água para a irrigação proveniente do TVA, para o regime ecológico LO Fepam, o percentual de vazão turbinada, da maior área, representou 99,87% do percentual turbinado caso não houvesse irrigação. Assim como foi verificado no caso da soja. A porcentagem da vazão afluente que foi turbinada variando entre si foi de 56,65% a 56,71%, com a mesma amplitude que se observou no caso da soja, 0,06%. No gráfico da Figura 4.14 se observa este resultado.

Figura 4-14 – Percentual de vazão turbinada com irrigação de milho.



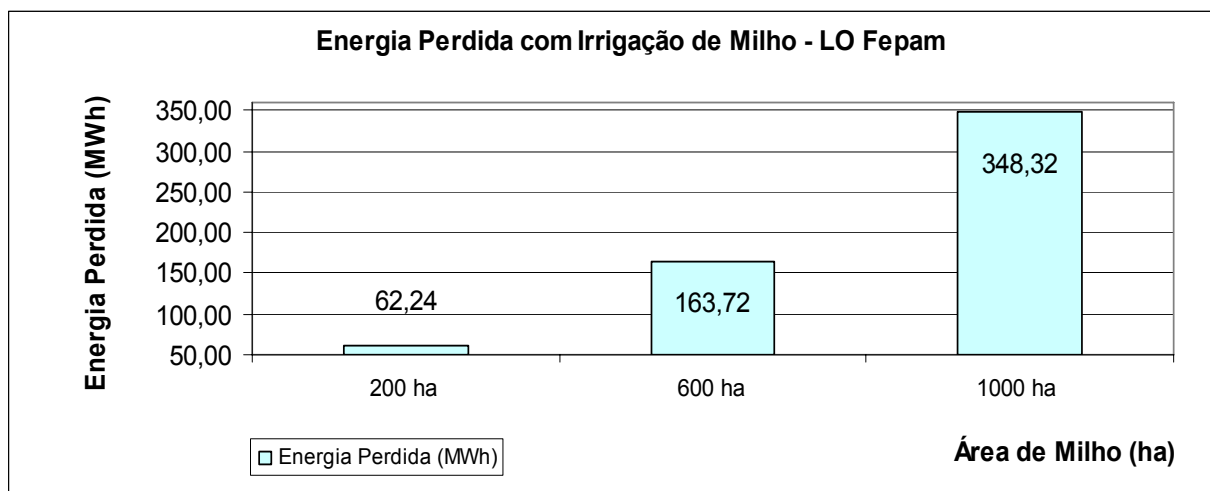
Fonte: Próprio autor

Este resultado, com o valor de variação dos percentuais de vazão turbinada igual ao encontrado para a soja, é explicado pelos valores de demandas das plantas, época de semeadura e áreas das lavouras serem próximos ou iguais.

Como forma de se verificar a diferença poderia ser simulado um cenário com as áreas diferentes para a soja e para o milho, ou com uma cultura de demandas diferentes, o que resultaria em valores diferentes nos percentuais e nas perdas e ganhos analisados, mas obedecendo à lógica de que com o aumento das áreas se tem a diminuição da vazão turbinada. Com isso a atividade da irrigação de lavoura de milho, para as áreas simuladas, também apresentou pouca influência nas vazões a serem turbinadas pela usina, resultando em baixos impactos nos valores de energia perdida em prol da produção agrícola de milho irrigado.

Na Figura 4.15 pode-se observar os valores de energia perdida, em MWh, devido ao aumento da área irrigada com milho, para a vazão ecológica LO Fepam.

Figura 4-15 – Energia perdida com irrigação de milho.



Fonte: Próprio autor

A energia que deixou de ser gerada por causa da irrigação de 1.000 ha de milho representou 0,132% da energia total produzida sem os outros usos.

O número de domicílios não atendidos pela geração hidrelétrica, para que a referida área de lavoura de milho seja irrigada no período de um ano, foi em média, de 33 para o caso de 200 ha de milho, de 87 para 600 ha e de 185 para os 1000 ha.

Este valor representou 0,132% do total de domicílios atendidos no regime da LO sem os outros usos competindo pela água no TVA.

Assim como no caso da soja, na relação entre a energia perdida, em MWh, e a área de milho, com cultivo irrigado, tem-se o valor da energia perdida por hectare de Soja. Este valor aumentou com o aumento da área até o pico e depois diminuiu com o aumento da área, para as áreas muito maiores.

O valor encontrado para a área de 200 ha foi 0,31 MWh/ha, para 600ha correspondeu à 0,27 MWh/ha. Para a área de 1.000 ha foi de 0,35 MWh/ha.

As simulações com áreas consideradas imensas apresentam resultados em que os valores da energia perdida por hectare de milho tenderam a diminuir com o aumento da área, conforme se observa na Tabela 4.6. Os relatórios das simulações referentes a estas áreas encontram-se no Apêndice 2.

Tabela 4.6 – Energia Perdida por hectare de milho.

Área (ha)	MWh por hectare de Milho
200	0,31
600	0,27
1000	0,35
5000	0,31
10000	0,30
30000	0,28
50000	0,27

Fonte: Próprio autor

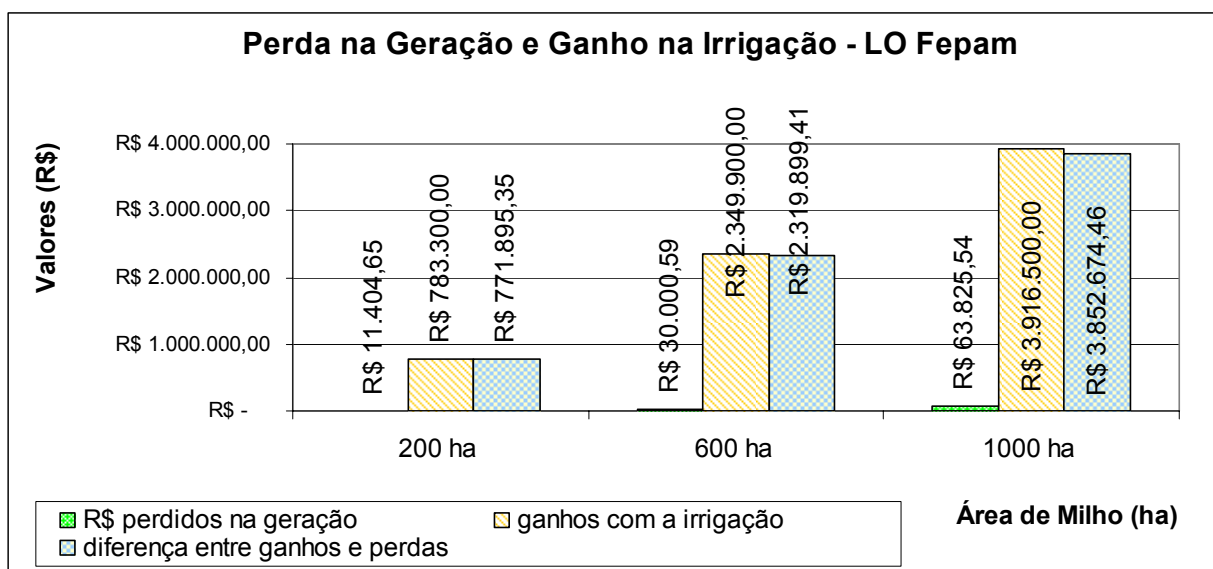
Observa-se que entre as áreas simuladas, a área de 1.000 ha representou o pico de energia perdida por hectare. Com áreas maiores, de 5.000 ha a 50.000 ha, os valores de energia perdida por hectare diminuíram com o aumento da área, mas se mantiveram em média de 0,31 MWh/ha. Isso significa que para a produção de um hectare de milho irrigado se perdeu em média 0,31 MWh na geração média em um ano. Esta diminuição de energia perdida por hectare se explica da mesma forma que no caso da soja. Ou seja, para irrigar as áreas maiores, há menos vazão turbinada, portanto, menos energia gerada. E, conseqüentemente, a perda de energia gerada em MWh/ha diminui.

Ao comparar as perdas de energia gerada com os ganhos com a irrigação de milho, em termos monetários, também se verificou uma diferença entre as perdas e os ganhos bastante significativa. Na Figura 4.16 pode-se observar, em termos

monetários, as perdas na geração, os ganhos com a irrigação de milho e a diferença entre os mesmos para a média de produção anual.

Verifica-se que o aumento das áreas também resultou em maiores perdas na geração, em termos monetários. Assim como ocorreu no caso da soja, no cultivo do milho irrigado as perdas causadas na geração hidroeétrica pela atividade de irrigação da lavoura de milho, para as áreas simuladas, se apresentaram pequenas se comparadas aos ganhos que esta cultura representa para a região.

Figura 4-16 – Perdas na geração e ganhos na irrigação de milho.



Fonte: Próprio autor

No caso de 1.000 hectares de milho se perdeu R\$ 63.825,54 na geração para poder obter um ganho de R\$ 3.916.500,00 com a produção de milho.

Estes resultados evidenciaram a atividade da irrigação como um uso competitivo com retornos econômicos significativos, maiores do que os valores percebidos com a energia que deixa de ser gerada. Isso pode se refletir em benefícios à economia local e melhor qualidade vida na região.

4.5 Geração e Uso Urbano

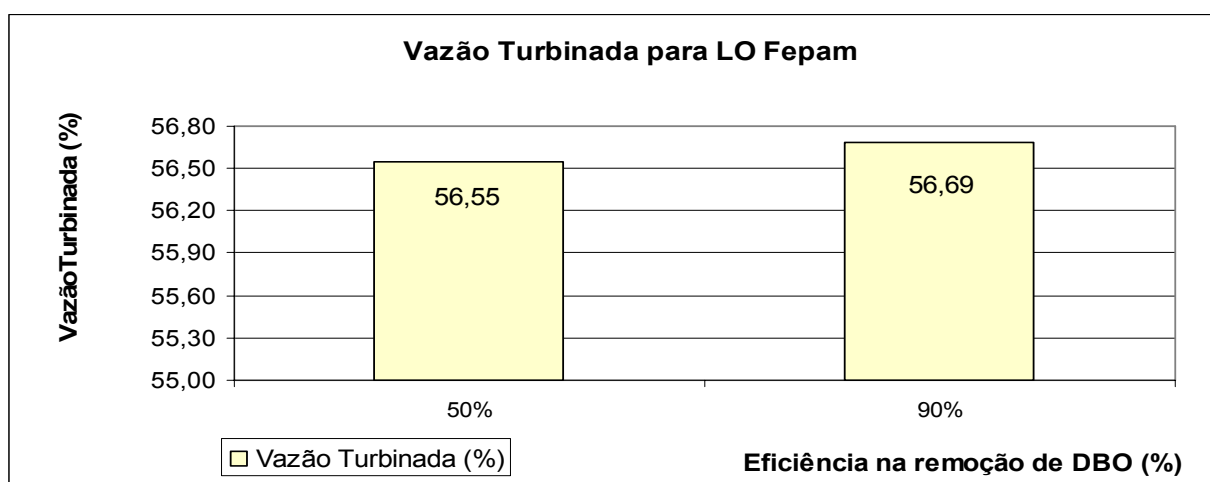
De forma geral, na competição pelo uso da água entre a geração hidroelétrica e o uso da água para diluição de cargas urbanas (em DBO/dia), no regime de vazão ecológica LO Fepam, considerando que 50% da carga de uma população de 10.000 habitantes chegam ao fluxo do rio, os resultados demonstraram que houve um impacto na geração maior que o observado nos casos da irrigação da soja e do milho para as áreas até 1.000 hectares.

Este impacto se refere a uma quantidade maior de energia que deixou de ser gerada para que o uso urbano, com uma remoção de 50% da carga poluidora, existisse no TVA. Considerando a manutenção da classe do enquadramento do trecho do rio.

Ao se considerar o coeficiente de eficiência de remoção da DBO maior, com 90%, as condições de qualidade da água no trecho se mantiveram com uma vazão menor, pois apenas 10% da carga poluidora chegaram ao fluxo do rio. Com isso sobrou um valor maior de vazão para ser turbinada.

Na Figura 4.17 se observa o percentual da vazão que foi turbinada para os coeficientes de remoção de 50% e de 90% da DBO produzida por uma população de 10 mil habitantes.

Figura 4-17 – Percentual de vazão turbinada com uso urbano.



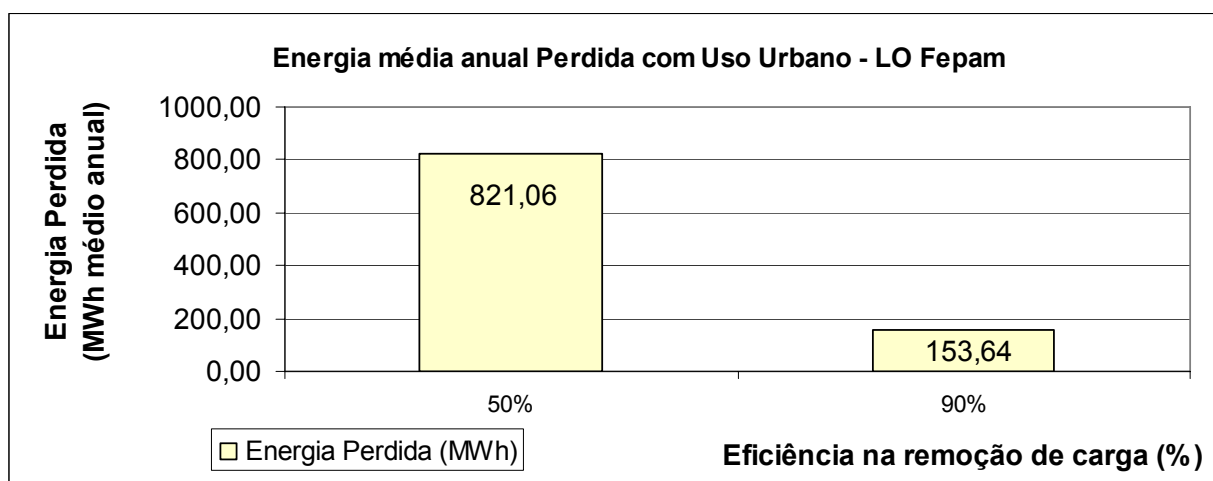
Fonte: Próprio autor

Os valores resultaram em uma diferença de percentual de vazão turbinada de 0,14% entre os dois coeficientes de remoção. Estes valores corresponderam à 99,69% (com 50% de remoção da carga) e 99,65% (com 90% de remoção da carga) do total do percentual de vazão turbinada, caso não houvesse o uso urbano no TVA. Ambos os coeficientes de remoção da carga representaram um percentual de vazão turbinada menor que os casos da soja e do milho com área de 1.000 ha (99,87%). Isso evidenciou que este uso urbano causou maior impacto na geração em relação irrigação até 1.000 ha.

O percentual de vazão turbinada, assim como a energia gerada competindo com o com uso urbano depende do tamanho da população urbana que produz a carga lançada no TVA. Bem como da situação de saneamento desta área urbana, que promove maior ou menor valor de carga que chega ao fluxo no TVA. Ou seja, uma população maior resultará em uma demanda maior de vazão para a diluição para esses coeficientes de 50 % e 90%. O percentual de vazão turbinada e a energia gerada, competindo com o com uso urbano, também dependem da vazão afluente ao TVA, que pode ser suficiente para atender a geração e até a maior demanda para a diluição de cargas; ou pode ser insuficiente, causando uma diminuição na energia gerada.

Quanto ao impacto de uma população de 10 mil habitantes na quantidade de energia média anual gerada, o gráfico da Figura 4.18 ilustra os valores de MWh médios por ano perdidos em função do uso urbano no trecho de rio, com 50% e com 90% de remoção da DBO produzida diariamente.

Figura 4-18 – Energia perdida com uso urbano.



Fonte: Próprio autor

Com relação ao total de energia que seria gerada, caso não houvesse outros usos (261.927,41 MWh médio anual), a energia perdida com o uso urbano representou 0,31% do total, para uma remoção de 50% da carga. E de 0,06% do total, para uma remoção de 90% da carga.

Estes valores puderam ser comparados aos valores da irrigação de 1.000 ha de soja (0,128%) ou de milho (0,132%). Observou-se que o uso urbano com a remoção de carga de 50% de uma população de 10 mil habitantes causou um impacto maior na geração com relação à produção irrigada de 1.000 ha. Enquanto que, para esta população, uma remoção da carga de 90% causou um impacto inferior na geração.

Da simulação de uma população de 10.000 habitantes, com remoção de 50% da carga, a razão entre a energia perdida, em MWh e o uso urbano, por habitantes, foi de 0,082 MWh/hab em média por ano. Isso significa que para a diluição de 50% da carga produzida por uma pessoa desta população no TVA, se perdeu 0,082 MWh na geração média em um ano.

Como forma de demonstrar o impacto do uso urbano referente as populações urbanas maiores, foram simulados outros cenários com 50.000, 80.000, 150.000, 300.000, 600.000 e 1.200.000 habitantes, com remoção de 50% da carga de DBO.

Da relação entre a carga de DBO e o impacto na energia gerada têm-se os valores simulados de energia perdida, em média em um ano, para a diluição da carga de DBO média diária desejada no trecho do rio, conforme a Tabela 4.7. Os relatórios destas simulações podem ser apreciados no Apêndice 2.

Tabela 4.7 – Energia média anual Perdida por carga de DBO/dia.

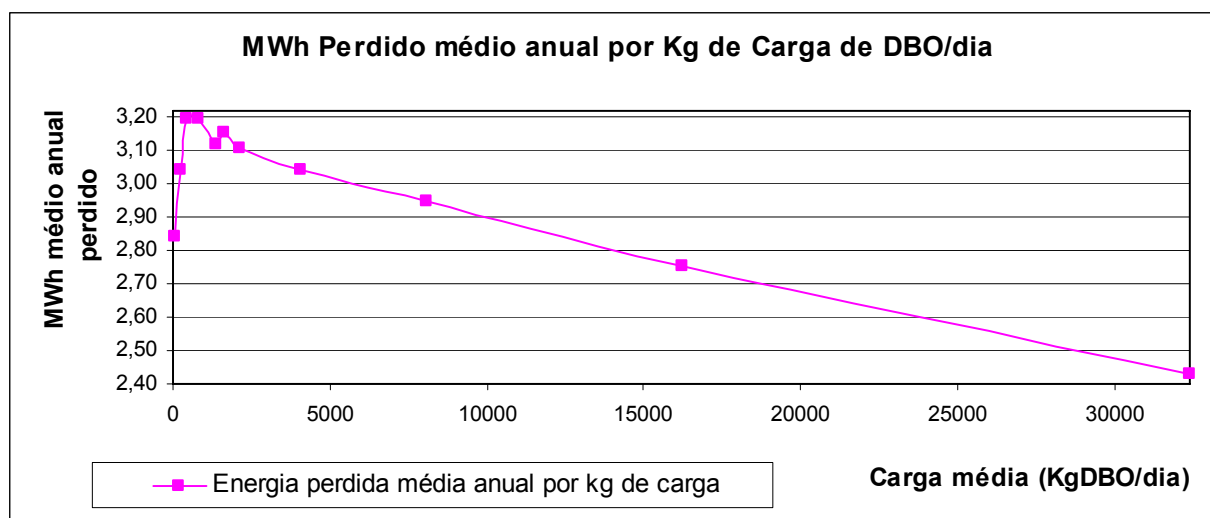
Número Equivalente de Habitantes sem remoção	Carga Média Kg DBO/dia	MWh Médio Anual Perdido por KgDBO/dia
1000	54	2,85
5000	270	3,04
8000	432	3,20
15000	810	3,19
25000	1350	3,12
30000	1620	3,15
40000	2160	3,11
75000	4050	3,04
150000	8100	2,95
300000	16200	2,75
600000	32400	2,43

Fonte: Próprio autor

Com estes valores pode-se observar que uma carga de 270 Kg de DBO/dia causou uma perda de energia gerada, média por ano, de 3,04 MWh/kgDBO/dia. Isso equivale a uma população de 5 mil pessoas com coeficiente de remoção zero, ou a 10 mil pessoas com coeficiente de remoção de 50% da carga. Ou ainda, equivale a 50 mil habitantes com coeficiente de remoção de 90% da carga.

Os valores de energia média anual que se perdeu para a diluição da carga média diária no TVA, com base nos valores simulados foram maiores para as cargas entre 432 kg DBO/dia e 810 kgDBO/dia. E depois diminuíram com o aumento da carga, até o valor de 2,43 MWh médio/ano por kgDBO/dia, conforme se observa melhor na figura 4.19.

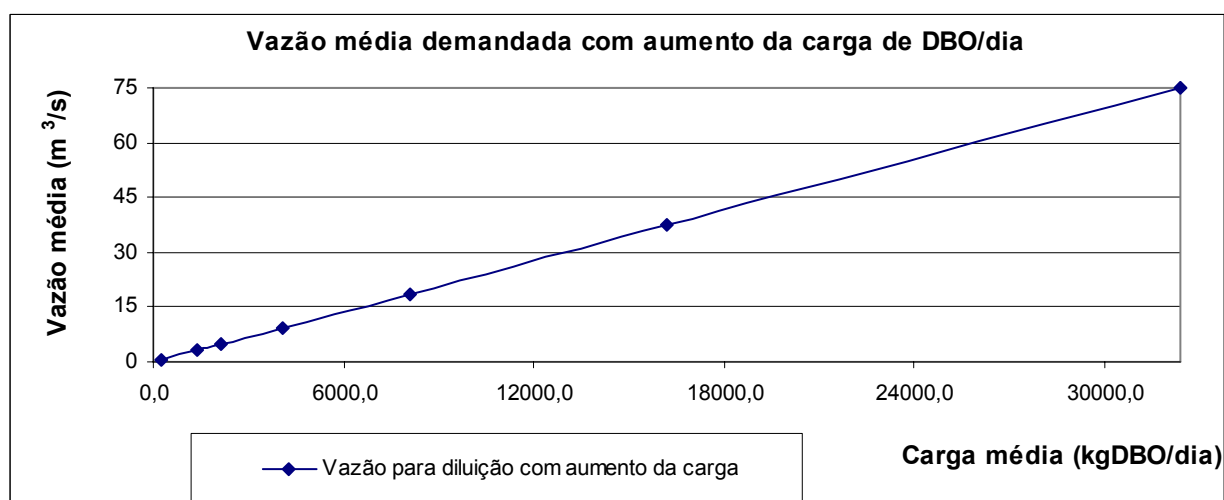
Figura 4-19 – Energia média anual perdida com aumento da carga diária.



Fonte: Próprio autor

Esta diminuição se deve ao balanço hídrico calculado pelo modelo, que com o aumento da carga de DBO (aumento da população) aumenta a demanda para diluição destas cargas, conforme a figura 4.20.

Figura 4-20 – Energia média anual gerada com aumento da população.

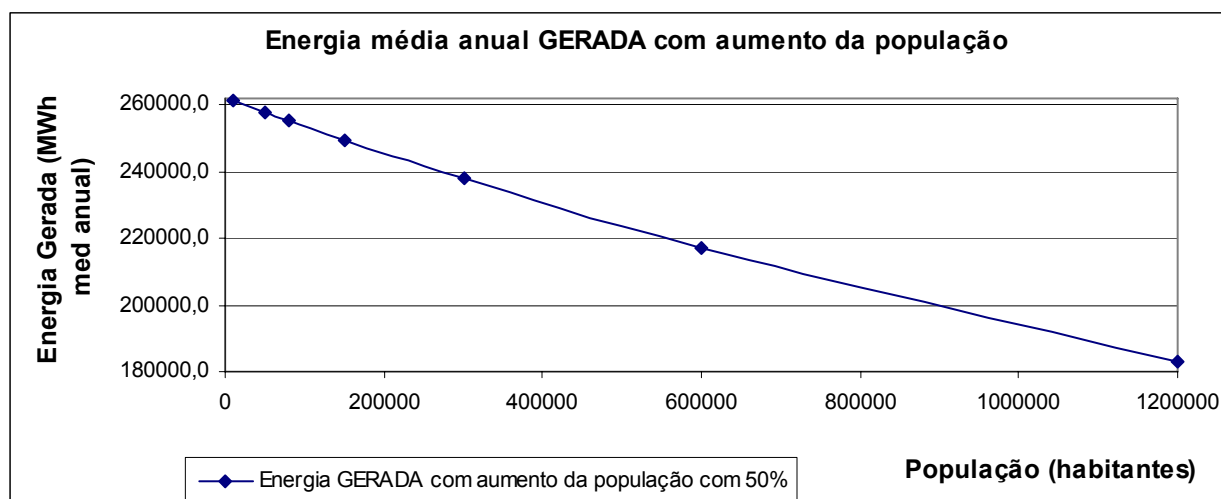


Fonte: Próprio autor

O balanço hídrico com o aumento das demandas para diluição resulta na diminuição do percentual da vazão turbinada, diminuindo a energia gerada, e por consequência diminuiu a energia perdida na geração com relação à carga, em

MWh/kgDBO/dia. Quanto à energia média anual gerada *versus* o aumento da população os valores são apresentados na figura 4.21.

Figura 4-21 – Energia média anual gerada com aumento da população.



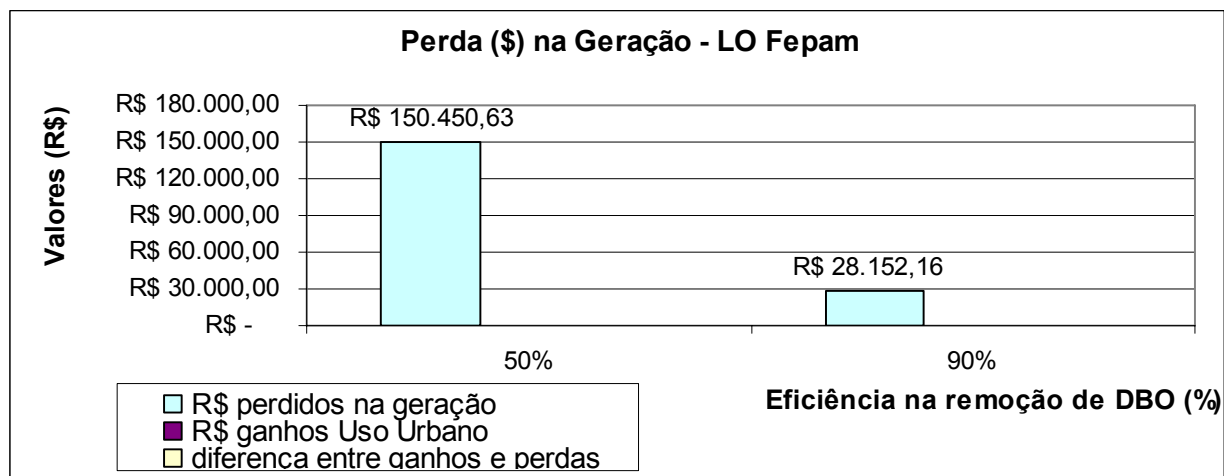
Fonte: Próprio autor

Com os valores de perda de energia gerada devido ao uso urbano, o número de domicílios não atendidos pela geração hidroelétrica, para que seja diluída a carga média de uma população de 10 mil habitantes, em um ano, foi em média de **436** domicílios para o caso do coeficiente de remoção de 50% e de **82** domicílios para o de 90%.

Quanto aos ganhos e perdas, a geração de energia perdeu em termos monetários. Nestes termos não há o ganho no uso urbano. Ou seja, este uso não possui retorno, restando um saldo negativo para a análise da competitividade deste uso com o uso para geração.

Na Figura 4.22 pode-se observar as perdas na geração, em R\$, em que os ganhos com o uso urbano foram adotados como nulos, para uma população de 10 mil habitantes.

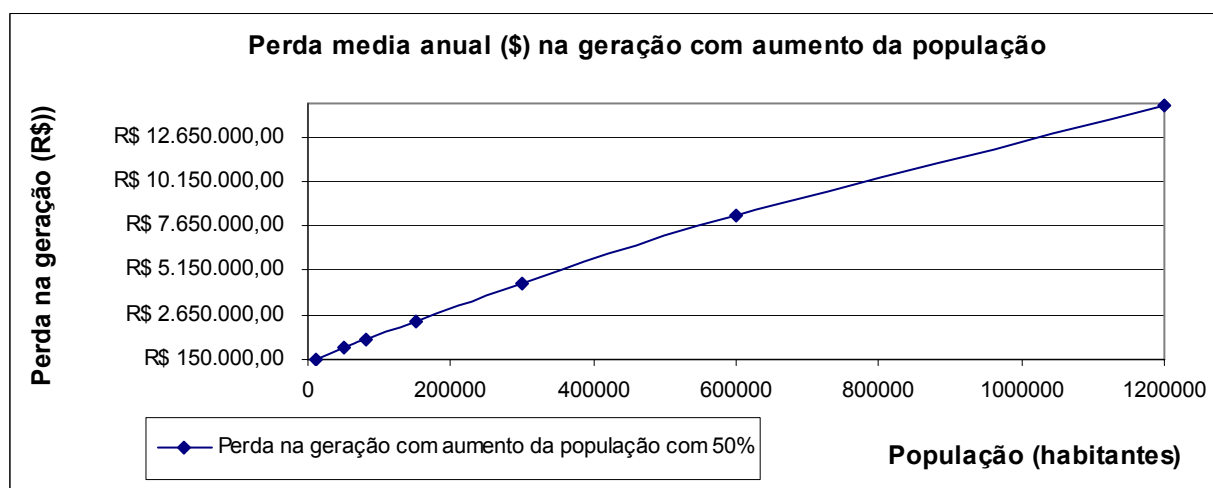
Figura 4-22 – Perdas na geração, sem ganhos no uso urbano.



Fonte: Próprio autor

Considerando as populações maiores simuladas, os valores que a geração hidrelétrica perde anualmente podem ser observados na figura 4.23.

Figura 4-23 – Perdas na geração, sem ganhos no uso urbano.



Fonte: Próprio autor

O saldo negativo, referente às perdas em termos monetários na geração, reflete as condições do esgoto urbano que chega ao TVA. Sendo que qualquer investimento em melhorias no tratamento destes esgotos resultará em liberação da vazão para que seja turbinada. Ou seja, este uso da água pode ter seus valores de

vazões requeridas diminuídos quando houver maior abrangência ou eficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos.

Comparando os valores de perda na geração com as perdas na irrigação, em termos monetários, se observa que o uso urbano com 50% da carga da menor população simulada, de 10.000 habitantes (R\$ 150.450,63), representa uma perda maior que na irrigação da soja (R\$ 61.872,14) ou do milho (R\$ 63.825,54) até os 1.000 hectares simulados.

Com relação a estes impactos a maior eficiência no tratamento dos esgotos poderia ser uma meta prevista no plano da bacia hidrográfica, com sua viabilidade dada através dos instrumentos de gestão, com recursos da cobrança pelo uso da água. Estas melhorias das condições de saneamento da área urbana também trariam consequências como um ambiente mais limpo e equilibrado, o que contribuiria para uma melhor qualidade de vida para a população.

Dos resultados dos itens 4.3, 4.4 e 4.5 pode-se fazer uma relação entre a energia perdida com a inserção destes usuários de forma unitária. Com isso tem-se que cada hectare de soja ou de milho irrigado correspondeu, em média, a um número de pessoas que usam o TVA para diluição de suas cargas, conforme se observa na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Número de habitantes correspondente a 1 ha de soja ou de milho.

Número de habitantes correspondente a 1 hectare de soja ou de milho	
50% de remoção	90% de remoção
3,75	15

Fonte: Próprio autor

Isso significa que para cultivar 1 hectare de lavoura se teve o mesmo impacto na geração, em termos de energia perdida, que 3,75 habitantes de uma cidade que tem o coeficiente de remoção de carga de 50%, e de 15 habitantes de uma cidade que tem coeficiente de remoção de carga de 90%.

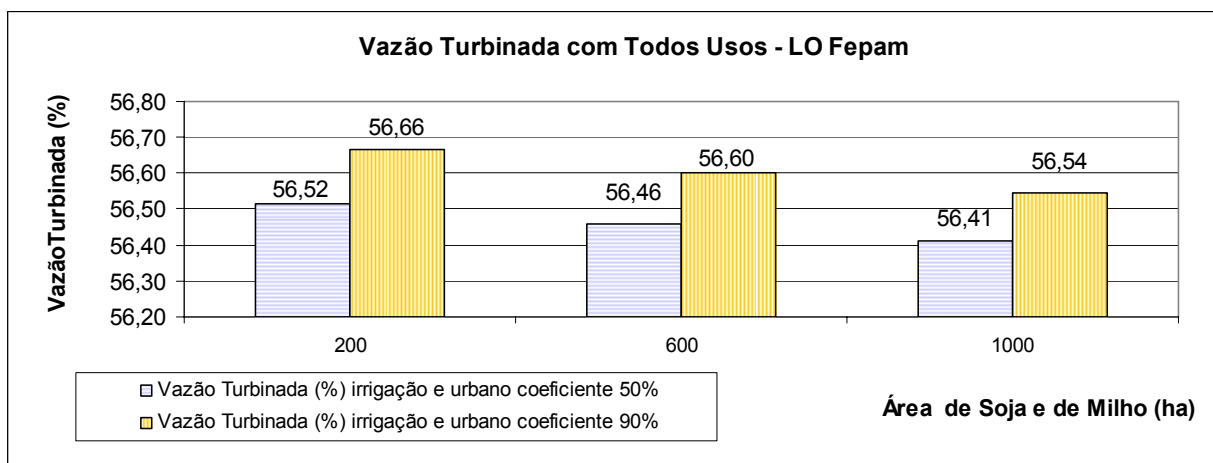
4.6 Geração com soja, com milho e com uso urbano

Neste item são analisados os resultados considerando que no trecho de vazões alteradas coexistam os usos da água para a geração, para a irrigação de áreas de soja, de milho e para o uso urbano, com diluição de cargas de 10 mil hab no TVA (tipo 5), com 200, 600 e 1.000 hectares de cultivo de soja e de milho, para o regime de vazão ecológica do licenciamento, LO Fepam.

Nos resultados houve a variação do percentual de vazões turbinadas com o aumento das áreas das lavouras de soja e de milho e com o aumento de remoção da DBO.

No gráfico da Figura 4.24 se observa a **diminuição** do percentual de vazão turbinada com o **aumento das áreas** irrigadas e com a mudança do coeficiente de remoção da DBO de 50% para 90%.

Figura 4-24 – Percentual de vazão turbinada com todos os usos.



Fonte: Próprio autor

Com o aumento das áreas das lavouras e com o mesmo coeficiente de remoção da DBO de 50% o percentual de vazão turbinada diminuiu de 56,52% para 56,41%. No caso do aumento das áreas cultivadas e com a remoção de 90% da DBO foi de 56,66% para 56,54%.

Comparando os percentuais de vazões turbinadas com o aumento da remoção de DBO de 50% para 90% para a mesma área obteve-se, naturalmente, o aumento das vazões turbinadas. Como o que se observa no percentual com coeficiente 50% e com 90%, para 200 ha, que foi de 56,52% para 56,66%.

Estes valores podem ser comparados aos resultados do item 4.3, em que o percentual da vazão turbinada com o uso para a geração competindo com a irrigação de 200 ha de soja foi de 56,71%.

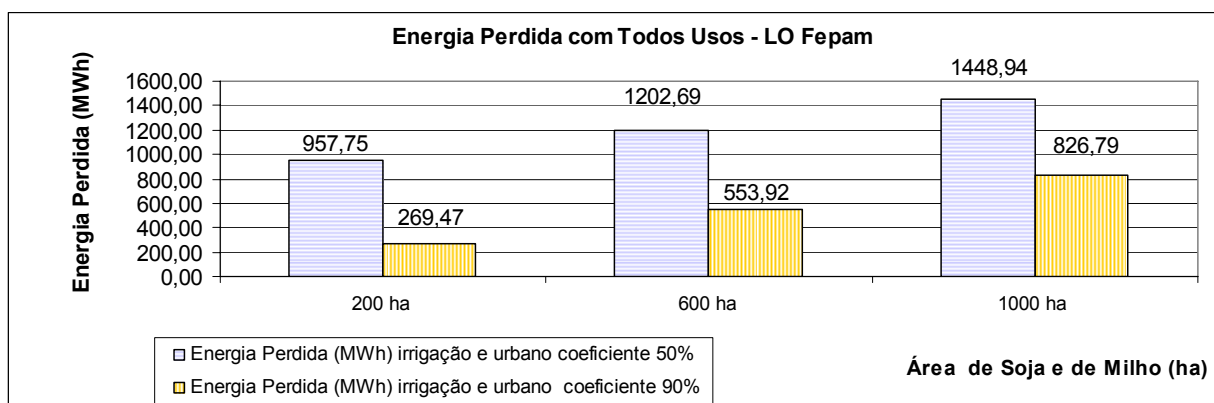
E comparando com os resultados do item 4.5, com o uso para a geração competindo com o uso urbano, o percentual da vazão turbinada foi de 56,55% para 56,69%, para 50% e 90% de remoção, respectivamente.

Isso demonstrou que o impacto na geração para os cenários de área e de carga simulados referiu-se em maior parte ao uso urbano. Com isso teve-se uma variação pequena no percentual de vazões turbinadas com a introdução das lavouras de soja e de milho na competitividade de usos no TVA. Mas esta variação pode ser modificada ao introduzir áreas muito maiores que as simuladas.

Desta forma, os valores de MWh perdidos foram menores para as melhores condições de qualidade de tratamento do esgoto urbano. Como já foi verificado também no item 4.5. O aumento das áreas também refletiu em maiores valores de energia que se deixou de gerar, conforme também foi verificado nos itens 4.2 e 4.3.

Os valores ao se atribuir ao trecho de rio todos os usos simultaneamente podem ser observados no gráfico da Figura 4.25 a seguir.

Figura 4-25 – Energia média perdida com todos os usos.



Fonte: Próprio autor

Comparando estes valores aos encontrados nos cenários em que somente um uso competitivo ao da geração foi considerado no TVA, pôde-se perceber que o balanço hídrico interferiu nos valores calculados, pois as condições de contorno são modificadas. Há um balanço hídrico para cada situação de competição: um para a

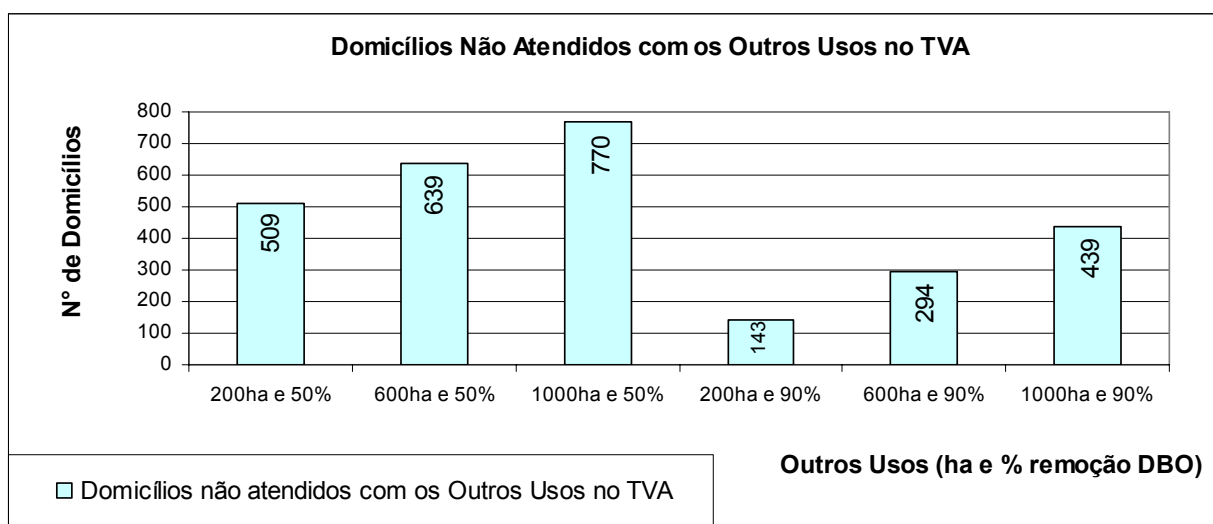
irrigação da soja competindo com a geração; um para a irrigação do milho competindo com a geração e um para o uso urbano competindo com a geração.

Enquanto que ao considerar todos os usos tem-se outro balanço hídrico, que não corresponde à soma dos valores encontrados nos balanços hídricos feitos individualmente.

Por exemplo, somando-se os MWh perdidos com a irrigação de 200 ha de soja (64,49 MWh), com a irrigação de 200 ha de milho (62,24 MWh) e com a diluição das cargas da população de 10 mil habitantes, com coeficiente de 50% (821,06 MWh) de forma individual tem-se um total de **947,79** MWh. Este valor difere do valor encontrado considerando que todos os usos ocorrem ao mesmo tempo no TVA, de **957,74** MWh devido ao balanço hídrico ser dependente das condições do fluxo afluente e das demandas.

Em termos de atendimento à população pela geração, para o número de domicílios não atendidos, para a população de 10.000 habitantes e áreas de 600 hectares, os resultados são apresentados na Figura 4.26 a seguir.

Figura 4-26 – Domicílios não atendidos com todos os usos no TVA.



Fonte: Próprio autor

Estes valores são considerados baixos comparados aos valores encontrados caso houvesse somente a geração, sem os demais usos competitivos no TVA com vazão ecológica LOFepam, que corresponderam ao atendimento, em média, de 139.205 domicílios no intervalo anual.

Ou seja, no caso de maiores perdas na geração hidroelétrica devido aos outros usos (1.000 ha de soja, 1.000 ha de milho, com 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes chegando no fluxo do TVA) o percentual de domicílios não atendidos foi de 0,55% em relação ao valor total da geração sem outros usos no TVA.

Estes valores correspondem a um impacto maior quando simuladas áreas e cargas maiores. No caso de um cenário com a população de 1.200.000 habitantes, com remoção de 50% da carga produzida, e uma área de 600 hectares de soja e 600 hectares de milho, o impacto na geração chega a 78.944 MWh médios por ano que deixam de ser gerados, equivalente a 30% menos que no caso de geração sem os outros usos.

Na avaliação da energia média anual perdida por unidade de área e energia média anual perdida por habitante podem-se observar os resultados para diferentes áreas, com uma carga de DBO produzida por uma população. Bem como para diferentes cargas, referentes a diferentes populações, com uma área constante de referência.

Com o aumento das áreas irrigadas e uma carga referente a uma população de 10 mil habitantes, com remoção de 50% da DBO (270 Kg DBO/dia) os valores unitários de energia perdida na geração são apresentados na Tabela 4.9 a seguir.

Tabela 4.9 – Energia média anual perdida: aumento de área, todos os usos.

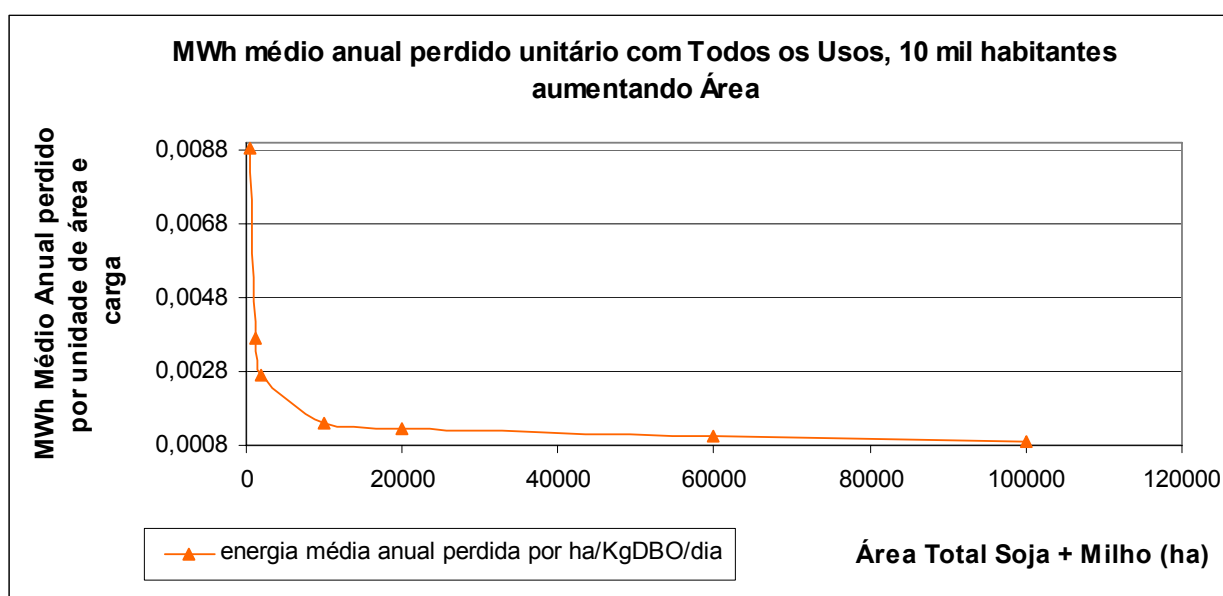
Área Irrigada soja e milho (ha)	Área Total Irrigada (ha)	MWh Perdidos Med Anual Todos Usos	MWh perdido/ha/hab	MWh perdido/ha/Kg DBO
200	400	957,75	0,000239	0,0089
600	1200	1202,69	0,000100	0,0037
1000	2000	1448,94	0,000072	0,0027
5000	10000	3809,25	0,000038	0,0014
10000	20000	6668,60	0,000033	0,0012
30000	60000	16699,19	0,000028	0,0010
50000	100000	24906,51	0,000025	0,0009

Fonte: Próprio autor

Observa-se que os valores unitários decresceram com o aumento da área total de cultura irrigada (soja + milho). A relação entre o valor unitário diminuiu com o aumento da área de forma exponencial.

Desta forma, pode-se concluir que a área e a população interferem no decaimento da energia média anual perdida unitária. Os valores tenderam a diminuir mais lentamente com o aumento área irrigada, conforme ilustrado na Figura 4.27.

Figura 4-27 – MWh médio anual perdido com todos os usos no TVA.



Fonte: Próprio autor

A diminuição se deve ao balanço hídrico no TVA, em que a energia gerada diminuiu com o aumento da demandas dos outros usos, e resultou em um valor unitário menor de energia media anual perdida.

Na próxima avaliação considera-se o aumento da carga, que pode ser referente ao aumento da população com uma remoção de 50% da DBO, com uma área constante de referência de 600 ha. Os resultados obtidos com relação à energia média anual perdida são apresentados na Tabela 4.10.

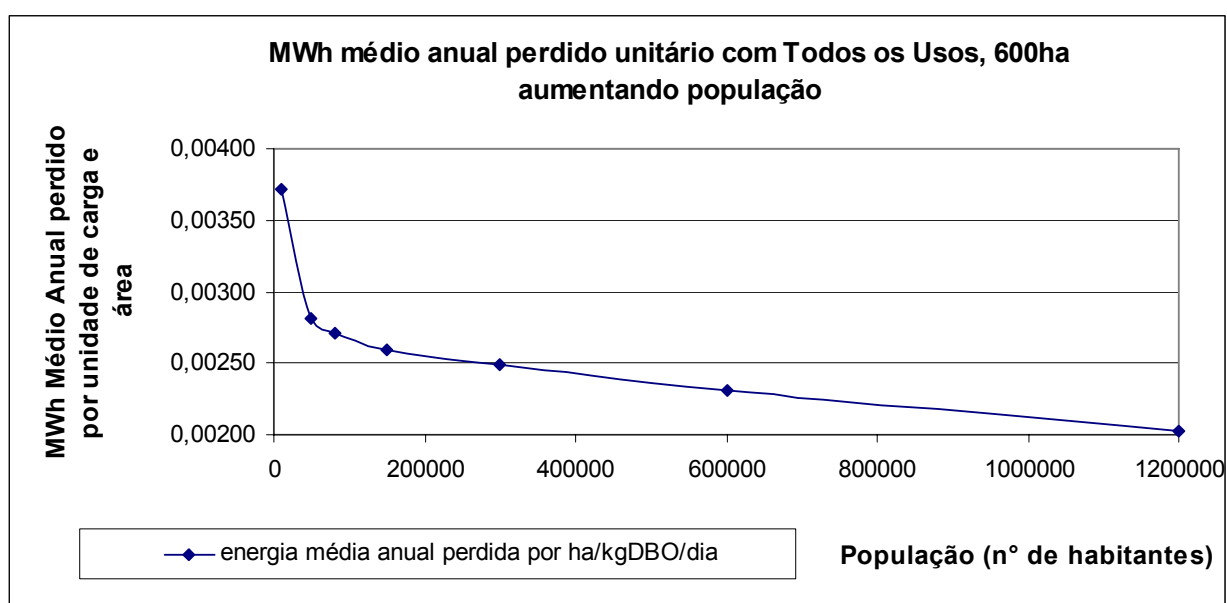
Tabela 4.10 – Energia Média Anual Perdida: Aumento de Carga, todos os usos.

Carga KgDBO/dia, com 50% remoção	População	MWh Perdidos Med Anual Todos Usos	MWh perdido/hab/ha	MWh perdido/ha/Kg DBO
270	10000	1202,69	0,00010	0,00371
1350	50000	4564,23	0,00008	0,00282
2160	80000	7040,14	0,00007	0,00272
4050	150000	12629,71	0,00007	0,00260
8100	300000	24246,31	0,00007	0,00249
16200	600000	44895,34	0,00006	0,00231
32400	1200000	78944,18	0,00005	0,00203

Fonte: Próprio autor

Da mesma forma que se verificou com o aumento das áreas, a área e a população interferem no decaimento da energia média anual perdida unitária. Os valores tenderam a diminuir mais lentamente com o aumento da população ou da carga, conforme apresentado na Figura 4.28, a seguir.

Figura 4-28 – Perdas na geração e ganhos com todos os usos



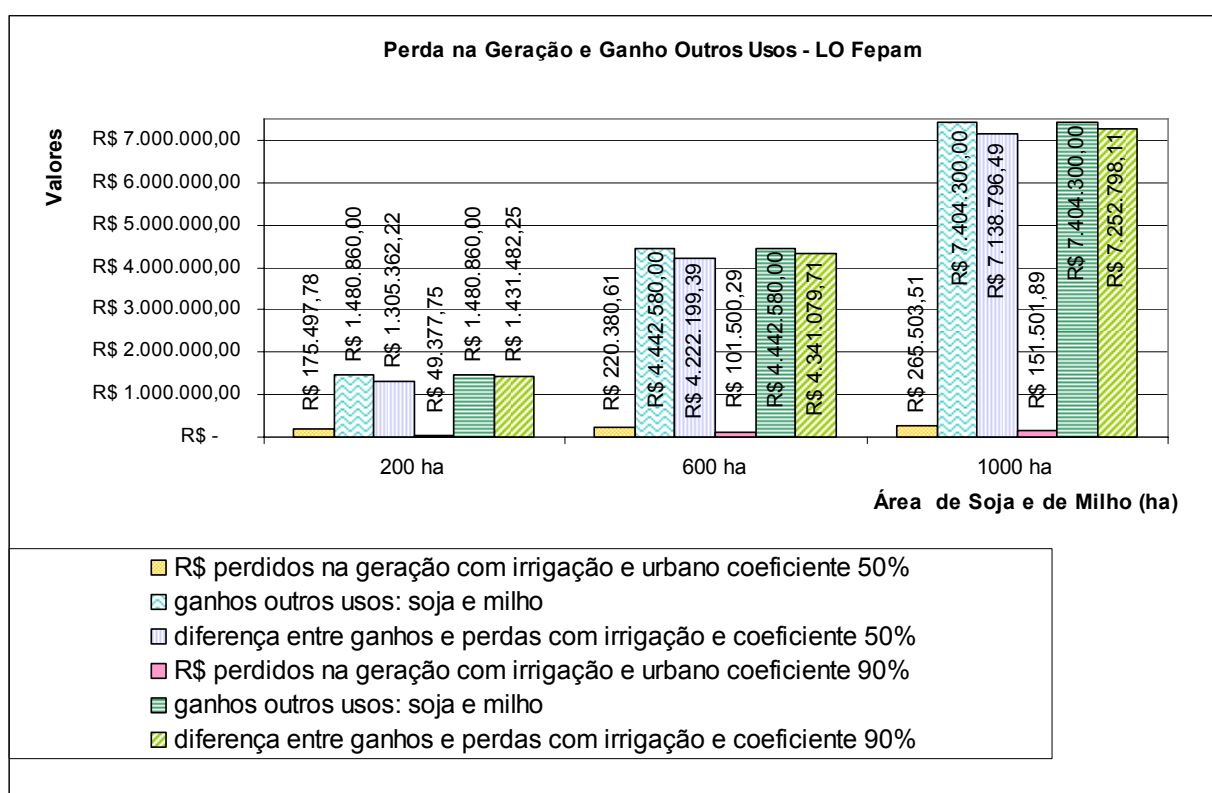
Fonte: Próprio autor

A diminuição se deve ao balanço hídrico no TVA, em que a energia gerada diminuiu com o aumento da demandas dos outros usos, e resultou em um valor unitário menor de energia média anual perdida.

Quanto aos ganhos e perdas, a geração de energia perdeu em termos monetários, enquanto a produção agrícola irrigada obteve ganhos muito superiores.

Na Figura 4.29 pode-se observar as perdas na geração devido a todos os outros usos estarem utilizando água do TVA, os ganhos na irrigação e a diferença entre os mesmos, em R\$, para a média de produção anual, com uma população de 10.000 pessoas. Observando que os ganhos com o uso urbano foram considerados nulos, conforme verificado no item 4.5.

Figura 4-29 – Perdas na Geração e Ganhos com Outros Usos



Fonte: Próprio autor

Assim como ocorreu nas análises individuais entre os usos para geração e para irrigação da soja e do milho até 1.000 hectares, dos itens 4.3 e 4.4 respectivamente, também se verificou uma diferença entre as perdas e os ganhos bastante significativa ao considerar a irrigação da soja e do milho realizadas ao mesmo tempo com os recursos do TVA. Como no caso de ter 1.000 hectares de

soja e 1.000 hectares de milho, os ganhos na irrigação foram de R\$ 7.404.300,00 enquanto se perdeu na geração o equivalente à R\$ 265.503,51. Esta perda na geração é maior devido ao uso urbano ter o ganho nulo, ou seja, somente representa perda para a geração. Isso confirmou o fato de que a irrigação é uma atividade altamente produtiva e com retorno monetário muito superior se comparado às perdas que a geração obteve no mesmo período para que a irrigação pudesse ser efetivada.

A perda na geração para irrigar 600 hectares de soja, 600 hectares de milho com a população de 10.000 habitantes com remoção de 50% da carga foi de R\$ 220.380,61. Com um ganho de R\$ 4.442.580,00 devido à produção agrícola.

Considerando uma população maior, com 1.200.000 habitantes, com remoção de 50% da carga e lavouras de 600 hectares de soja e de milho, a perda na geração alcançou R\$ 14.465.730,83 para o ganho na produção agrícola de R\$ 4.442.580,00. Com isso este aumento da população representou um impacto bastante considerável na geração, com perda 65 vezes maior que da população de 10.000 habitantes, além de não representar ganho.

Assim como foi verificado no item 4.5, o uso da água para a diluição de cargas poderia ter seu valor de vazão requerida diminuído quando houver maior abrangência ou eficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos. Como consequência desta diminuição, restaria mais vazão para os outros usos.

4.7 Cenários conjuntos dos demais regimes ecológicos

Os demais regimes de vazão ecológica tiveram impactos diretamente na geração hidroelétrica, assim como foi verificado no item 4.2.

O percentual de vazão turbinada em função dos tipos de usos (1 a 5) para todos os regimes de vazão ecológica e percentual de vazão turbinada destes regimes de Qeco em relação ao regime da LO Fepam são apresentados nas Tabelas 4.11 a 4.16 a seguir.

Tabela 4.11 – Cenários 1 a 10: 200 ha, com remoção de 50% da DBO.

Regime Vazão Ecológica	Apenas com Geração		Geração + Soja		Geração + Milho		Geração + Urbana		Todos os Usos	
	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam
<i>16.1 constante</i>	60,77	107,13	60,75	107,12	60,75	107,12	60,56	107,10	60,52	107,09
<i>franja sobre base 3</i>	60,82	107,22	60,80	107,22	60,80	107,22	60,61	107,19	60,58	107,20
<i>franja sobre base 5</i>	59,80	105,43	59,79	105,43	59,79	105,43	59,60	105,40	59,56	105,39
<i>franja sobre base 7</i>	58,85	103,74	58,83	103,74	58,83	103,74	58,64	103,71	58,60	103,69
<i>franja sobre base 9</i>	57,96	102,18	57,95	102,18	57,95	102,18	57,78	102,19	57,76	102,20
<i>franja sobre base 11</i>	57,13	100,72	57,12	100,72	57,12	100,72	56,95	100,71	56,92	100,71
<i>franja sobre base 13</i>	56,34	99,33	56,33	99,33	56,33	99,33	56,15	99,30	56,13	99,31
<i>franja sobre base 15</i>	55,60	98,01	55,58	98,01	55,58	98,02	55,41	98,00	55,39	98,01
<i>franja sobre base 17</i>	54,89	96,77	54,87	96,77	54,87	96,76	54,71	96,76	54,69	96,77
<i>LO Fepam</i>	56,72	100,00	56,71	100,00	56,71	100,00	56,55	100,00	56,52	100,00

Fonte: Próprio autor

Tabela 4.12 – Cenários 11 a 20: 600 ha, com remoção de 50% da DBO.

Regime Vazão Ecológica	Apenas com Geração		Geração + Soja		Geração + Milho		Geração + Urbana		Todos os Usos	
	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam
<i>16.1 constante</i>	60,77	107,13	60,72	107,13	60,72	107,11	60,56	107,10	60,45	107,07
<i>franja sobre base 3</i>	60,82	107,22	60,78	107,23	60,78	107,22	60,61	107,19	60,53	107,21
<i>franja sobre base 5</i>	59,80	105,43	59,76	105,43	59,76	105,43	59,60	105,40	59,50	105,39
<i>franja sobre base 7</i>	58,85	103,74	58,80	103,74	58,81	103,75	58,64	103,71	58,55	103,70
<i>franja sobre base 9</i>	57,96	102,18	57,92	102,18	57,92	102,19	57,78	102,19	57,70	102,19
<i>franja sobre base 11</i>	57,13	100,72	57,09	100,72	57,10	100,72	56,95	100,71	56,86	100,71
<i>franja sobre base 13</i>	56,34	99,33	56,30	99,32	56,30	99,31	56,15	99,30	56,07	99,31
<i>franja sobre base 15</i>	55,60	98,01	55,56	98,02	55,56	98,02	55,41	98,00	55,34	98,02
<i>franja sobre base 17</i>	54,89	96,77	54,85	96,77	54,85	96,77	54,71	96,76	54,63	96,76
<i>LO Fepam</i>	56,72	100,00	56,68	100,00	56,69	100,00	56,55	100,00	56,46	100,00

Fonte: Próprio autor

Tabela 4.13 – Cenários 21 a 30: 1.000 ha, com remoção de 50% da DBO.

Regime Vazão Ecológica	Apenas com Geração		Geração + Soja		Geração + Milho		Geração + Urbana		Todos os Usos	
	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam
<i>16.1 constante</i>	60,77	107,13	60,68	107,11	60,68	107,12	60,56	107,10	60,39	107,06
<i>franja sobre base 3</i>	60,82	107,22	60,75	107,24	60,75	107,24	60,61	107,19	60,47	107,19
<i>franja sobre base 5</i>	59,80	105,43	59,73	105,44	59,73	105,45	59,60	105,40	59,44	105,38
<i>franja sobre base 7</i>	58,85	103,74	58,77	103,74	58,77	103,75	58,64	103,71	58,49	103,69
<i>franja sobre base 9</i>	57,96	102,18	57,90	102,20	57,90	102,21	57,78	102,19	57,64	102,18
<i>franja sobre base 11</i>	57,13	100,72	57,06	100,73	57,06	100,73	56,95	100,71	56,81	100,71
<i>franja sobre base 13</i>	56,34	99,33	56,28	99,34	56,27	99,33	56,15	99,30	56,02	99,32
<i>franja sobre base 15</i>	55,60	98,01	55,53	98,03	55,54	98,04	55,41	98,00	55,29	98,02
<i>franja sobre base 17</i>	54,89	96,77	54,83	96,79	54,83	96,79	54,71	96,76	54,58	96,76
<i>LO Fepam</i>	56,72	100,00	56,65	100,00	56,65	100,00	56,55	100,00	56,41	100,00

Fonte: Próprio autor

Tabela 4.14 – Cenários 31 a 40: 200 ha, com remoção de 90% da DBO

Regime Vazão Ecológica	Apenas com Geração		Geração + Soja		Geração + Milho		Geração + Urbana		Todos os Usos	
	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam
<i>16.1 constante</i>	60,77	107,13	60,75	107,12	60,75	107,12	60,71	107,09	60,68	107,08
<i>franja sobre base 3</i>	60,82	107,22	60,80	107,22	60,80	107,22	60,77	107,20	60,75	107,20
<i>franja sobre base 5</i>	59,80	105,43	59,79	105,43	59,79	105,43	59,76	105,41	59,73	105,41
<i>franja sobre base 7</i>	58,85	103,74	58,83	103,74	58,83	103,74	58,80	103,72	58,77	103,71
<i>franja sobre base 9</i>	57,96	102,18	57,95	102,18	57,95	102,18	57,92	102,18	57,90	102,18
<i>franja sobre base 11</i>	57,13	100,72	57,12	100,72	57,12	100,72	57,10	100,72	57,08	100,72
<i>franja sobre base 13</i>	56,34	99,33	56,33	99,33	56,33	99,33	56,30	99,31	56,27	99,30
<i>franja sobre base 15</i>	55,60	98,01	55,58	98,01	55,58	98,02	55,57	98,02	55,54	98,01
<i>franja sobre base 17</i>	54,89	96,77	54,87	96,77	54,87	96,76	54,86	96,77	54,83	96,77
<i>LO Fepam</i>	56,72	100,00	56,71	100,00	56,71	100,00	56,69	100,00	56,66	100,00

Fonte: Próprio autor

Tabela 4.15 – Cenários 41 a 50: 600 ha, com remoção de 90% da DBO

Regime Vazão Ecológica	Apenas com Geração		Geração + Soja		Geração + Milho		Geração + Urbana		Todos os Usos	
	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam
<i>16.1 constante</i>	60,77	107,13	60,72	107,13	60,72	107,11	60,71	107,09	60,60	107,06
<i>franja sobre base 3</i>	60,82	107,22	60,78	107,23	60,78	107,22	60,77	107,20	60,69	107,22
<i>franja sobre base 5</i>	59,80	105,43	59,76	105,43	59,76	105,43	59,76	105,41	59,67	105,42
<i>franja sobre base 7</i>	58,85	103,74	58,80	103,74	58,81	103,75	58,80	103,72	58,71	103,71
<i>franja sobre base 9</i>	57,96	102,18	57,92	102,18	57,92	102,19	57,92	102,18	57,85	102,20
<i>franja sobre base 11</i>	57,13	100,72	57,09	100,72	57,10	100,72	57,10	100,72	57,01	100,73
<i>franja sobre base 13</i>	56,34	99,33	56,30	99,32	56,30	99,31	56,30	99,31	56,22	99,33
<i>franja sobre base 15</i>	55,60	98,01	55,56	98,02	55,56	98,02	55,57	98,02	55,49	98,03
<i>franja sobre base 17</i>	54,89	96,77	54,85	96,77	54,85	96,77	54,86	96,77	54,78	96,79
<i>LO Fepam</i>	56,72	100,00	56,68	100,00	56,69	100,00	56,69	100,00	56,60	100,00

Fonte: Próprio autor

Tabela 4.16 – Cenários 51 a 60: 1.000 ha, com remoção de 90% da DBO

Regime Vazão Ecológica	Apenas com Geração		Geração + Soja		Geração + Milho		Geração + Urbana		Todos os Usos	
	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam	Percentual Turbinado sobre vazão afluente	Percentual sobre LO Fepam
<i>16.1 constante</i>	60,77	107,13	60,68	107,11	60,68	107,12	60,71	107,09	60,54	107,07
<i>franja sobre base 3</i>	60,82	107,22	60,75	107,24	60,75	107,24	60,77	107,20	60,64	107,24
<i>franja sobre base 5</i>	59,80	105,43	59,73	105,44	59,73	105,45	59,76	105,41	59,61	105,42
<i>franja sobre base 7</i>	58,85	103,74	58,77	103,74	58,77	103,75	58,80	103,72	58,65	103,72
<i>franja sobre base 9</i>	57,96	102,18	57,90	102,20	57,90	102,21	57,92	102,18	57,79	102,20
<i>franja sobre base 11</i>	57,13	100,72	57,06	100,73	57,06	100,73	57,10	100,72	56,95	100,73
<i>franja sobre base 13</i>	56,34	99,33	56,28	99,34	56,27	99,33	56,30	99,31	56,17	99,33
<i>franja sobre base 15</i>	55,60	98,01	55,53	98,03	55,54	98,04	55,57	98,02	55,44	98,05
<i>franja sobre base 17</i>	54,89	96,77	54,83	96,79	54,83	96,79	54,86	96,77	54,72	96,78
<i>LO Fepam</i>	56,72	100,00	56,65	100,00	56,65	100,00	56,69	100,00	56,54	100,00

Fonte: Próprio autor

Analisando os dados destas seis tabelas, observa-se que os valores para o tipo 1, com somente a geração usando parte da vazão afluyente, referem-se aos resultados apresentados e discutidos no item 4.2.

Com relação à competição entre a geração e a irrigação com lavoura de soja (tipo 2) verifica-se que os percentuais de vazão turbinada para os diferentes regimes de vazão ecológica variaram entre si em 5,93%, entre 54,87% a 60,80% para 200 ha; em 5,93%, entre 54,85% a 60,78% para 600 ha e em 5,92%, de 54,83 a 60,75% para 1.000 ha.

Com isso verifica-se que em termos de percentual da vazão afluyente que foi turbinada a variação entre os regimes de vazão ecológica foi representativa (média de 5,92%) entre os cenários de Qeco de mesma área.

Para uma mesma Qeco a variação de percentual de vazão turbinada foi pequena com o aumento das áreas até 1000 ha. Isso porque as vazões ecológicas são maiores que as vazões para a irrigação o que corresponde a uma maior variação do percentual turbinado ao variar o regime de vazão ecológica.

Os regimes de vazão ecológica apresentaram uma variação máxima do percentual da vazão turbinada em relação ao regime LO Fepam de:

- ✓ **10,45%** para **200 ha**, com maior valor no regime de vazão ecológica com base 3 m³/s, de **7,22%** em relação ao Qeco LO Fepam;
- ✓ **10,46%** para **600 ha**, com maior valor no regime de vazão ecológica com base 3 m³/s, de **7,23%** em relação ao Qeco LO Fepam;

e **10,45%** para **1000 ha**, com maior valor no regime de vazão ecológica com base 3 m³/s, de **7,24%** em relação ao Qeco LO Fepam.

Com isso a variação dos valores de vazão turbinada entre os demais regimes de Qeco em relação ao LO Fepam para uma mesma área foi representativa (cerca de 10,45%), enquanto que com o aumento da área, para uma mesma Qeco a variação foi insignificante. Isso foi devido também ao fato de as vazões ecológicas terem sido bem maiores que as vazões para a irrigação.

No caso do cultivo do milho (tipo 3) os percentuais de vazão turbinada para os diferentes regimes de vazão ecológica variaram igualmente ao visto no caso da soja.

Em relação ao regime LO Fepam, os demais regimes de vazão ecológica também apresentaram uma variação do percentual da vazão turbinada próxima ou igual ao do caso da soja, de: 10,46% para 200 ha; 10,45% para 600 ha, e 10,45% para 1000 ha, com maior valor no regime de vazão ecológica com base 3 m³/s em

todas as áreas. Resultando em valores significantes (em torno de 10,45%) entre os demais regimes de Qeco em relação ao LO Fepam para uma mesma área, enquanto que com o aumento da área, para uma mesma Qeco a variação foi pouco representativa.

Com relação à competição entre a geração e o Uso Urbano (tipo 4) tem-se que os percentuais de vazão turbinada entre os diferentes regimes de vazão ecológica variaram entre si em 6,2%, para 50% de remoção da DBO e em 5,91%, para 90% de remoção da DBO. Isso indicou que entre os regimes de vazão ecológica houve uma variação representativa na porcentagem de vazão turbinada.

Com o aumento da remoção da DBO para uma mesma Qeco a porcentagem de vazão turbinada foi pouco representativa.

Em relação ao regime LO Fepam, os demais regimes de vazão ecológica apresentaram entre si uma variação do percentual da vazão turbinada igual, de 10,43% para 50% e para 90%, com os maiores valores no respectivo regime de vazão ecológica com base $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ao comparar os valores porcentagem de vazão turbinada entre os usos agrícolas, com áreas de soja e de milho (com os valores de áreas simulados), e o uso urbano tem-se que na competição pelo uso da água no TVA, na maioria dos cenários simulados, o uso urbano demandou mais água que os usos para irrigação, obtendo menores valores em porcentagem de vazão turbinada.

Isso se confirmou nos cenários 1 a 42, em que a porcentagem da vazão turbinada foi menor no uso urbano que na irrigação da soja e do milho.

A partir do cenário 43 os valores de porcentagem da vazão turbinada no uso urbano apareceram iguais ao da irrigação para a soja e para o milho, ou para, pelo menos, um desses. Em outros casos houve a inversão de valores, com os menores valores da porcentagem da vazão turbinada nos usos para irrigação, como nos cenários 48, 49 e nos cenários 51 a 60. Esta inversão se deve em alguns casos ao regime de vazões ecológicas e em outros ao aumento da demanda com as maiores área das lavouras associado à baixa carga de DBO que chega ao fluxo do TVA nestes cenários.

De modo geral, pode-se afirmar que a competitividade dos usuários com a geração de energia, analisados isoladamente, não causou restrições significativas ao uso para a geração hidroelétrica.

Em outras situações, com outras áreas e populações simuladas, podem ocorrer maiores restrições na geração, com percentuais turbinados menores em função dos demais usos. Como no caso de uma população maior despejando uma carga maior no TVA. Ou ainda no caso de áreas de lavouras maiores com uma demanda relativamente maior que os valores simulados para este trecho de rio.

Na comparação dos valores de porcentagem de vazão turbinada considerando todos os usos (tipo 5) com o tipo 1, onde se tem somente a geração, em média a diferença entre o percentual de vazão turbinada do tipo 5 e do tipo 1 para todos os regimes de vazão ecológica variou conforme a Tabela 4.17 a seguir.

Tabela 4.17 – Diferença de percentual de vazão turbinada nos tipos 1 e 5 .

Qeco	Entre Tipos 1 e 5, com 200ha e 50% remoção	Entre Tipos 1 e 5, com 600ha e 50% remoção	Entre Tipos 1 e 5, com 1.000ha e 50% remoção	Entre Tipos 1 e 5, com 200ha e 90% remoção	Entre Tipos 1 e 5, com 600ha e 90% remoção	Entre Tipos 1 e 5, com 1.000ha e 90% remoção
<i>16.1 constante</i>	0,24	0,32	0,37	0,09	0,16	0,22
<i>franja sobre base 3</i>	0,23	0,29	0,35	0,07	0,12	0,18
<i>franja sobre base 5</i>	0,24	0,30	0,36	0,07	0,13	0,19
<i>franja sobre base 7</i>	0,24	0,30	0,35	0,08	0,14	0,20
<i>franja sobre base 9</i>	0,20	0,26	0,32	0,06	0,11	0,17
<i>franja sobre base 11</i>	0,22	0,27	0,32	0,06	0,12	0,18
<i>franja sobre base 13</i>	0,22	0,27	0,32	0,07	0,12	0,17
<i>franja sobre base 15</i>	0,20	0,26	0,30	0,06	0,11	0,16
<i>franja sobre base 17</i>	0,20	0,26	0,31	0,06	0,11	0,17
<i>LO Fepam</i>	0,21	0,26	0,31	0,06	0,12	0,18
Media	0,22	0,28	0,33	0,07	0,12	0,18

Fonte: Próprio autor

Os valores da diferença entre o percentual de vazão turbinada do tipo 1 e do tipo 5 corresponderam ao valor médio percentual da vazão afluyente que deixou de ser turbinada ao introduzir estes outros usos no TVA competindo com a geração, para os regimes de vazão ecológica simulados.

O menor valor médio desta diferença (0,07%) foi resultado da combinação da maior remoção da carga de DBO (90%) com a menor área irrigada (200 ha de soja e 200 ha de milho), como era esperado, pois esta combinação tem a menor demanda para o tipo 5, com todos os usos competindo pela água.

O maior valor médio da diferença (0,33%) se referiu à maior demanda que ocorre na combinação da maior área, com a menor remoção da carga de DBO.

Esta proporção se manteve para os todos os regimes de vazão simulados.

4.8 Generalidades do modelo e recomendações

4.8.1 Novos usuários depois de outorgados os primeiros

A inserção de novos usuários no balanço hídrico do trecho deve ser prevista no momento da simulação das vazões Qusos. A inclusão de novos usos depois de outorgados os primeiros pode resultar em mais perdas na geração.

Depois de definido o cenário de usos no trecho, ficam estabelecidas as vazões disponíveis para geração hidroelétrica e para os outros usos (irrigação e diluição) e mediante a outorga de direito de uso tem-se a garantia do atendimento.

Supondo a intenção de um novo usuário requerer uma vazão no trecho a disponibilidade hídrica, poderá permitir a entrada deste novo usuário quando a vazão requerida não alterar as outorgas já concedidas.

Se um novo cenário for simulado para a entrada de um ou mais usuários no trecho observa-se no modelo que a vazão para a geração hidroelétrica pode ficar vulnerável a alterações caso os outros usos outorgados não sejam alterados também. Ou seja, um usuário novo que entra na nova simulação do “Qusos” pode resultar na diminuição das vazões a serem turbinadas. Isso pode ocorrer quando a diferença entre as vazões afluentes ao trecho Qaflu e as vazões Qeco e Qusos (ΔQ) estiverem entre os limites de operação da usina, ou seja, entre Q_{min} e Q_{max} . Ou quando ΔQ é menor que Q_{min} . Neste caso o novo usuário poderia resultar em mais dias com $\Delta Q < Q_{min}$, ou seja, em mais dias sem o acionamento das turbinas.

Uma forma de prever a inclusão de novos usuários é limitar o valor total disponível para outros usos no trecho para que o ΔQ não se altere na situação entre o Q_{min} e Q_{max} .

Com a definição de um ΔQ limite tem-se a segurança na geração depois que todos os usos são atendidos. Por outro lado, o ΔQ pode resultar na subestimação de vazões disponíveis para a geração quando o ΔQ não for totalmente aproveitado. Pois haveria uma parcela deste ΔQ em espera para mais usuários.

4.8.2 Avaliação com a cobrança pelo uso dos recursos hídricos

Na avaliação competitiva dos usos dos recursos hídricos do método proposto foi considerada a conversão da produção agrícola e de energia hidrelétrica em valores monetários, conforme as suas cotações. Sendo o uso urbano considerado sem um ganho por não resultar em um produto. Em uma análise sobre ganhos relacionados à função de manutenção da qualidade da água no trecho de rio poderiam ser considerados os ganhos para outros usos que influenciam a qualidade de vida na região, como as atividades de pesca, lazer e esportes, propiciando os usos múltiplos da água.

Para tanto a qualidade mínima da água exigida por estas atividades depende da manutenção dos seus parâmetros dentro da classe de enquadramento adequada. E isso está relacionado às vazões captadas e à capacidade e eficiência de tratamento dos esgotos que são lançados no trecho do rio.

Uma forma de viabilizar estas atividades poderia se dar pela gestão dos usos com os recursos monetários gerados da cobrança pelo uso da água nas atividades de geração, diluição e irrigação agrícola, aprovada no comitê de bacia.

Estas considerações impactam a relação de competição pelo uso da água entre os usuários do trecho, modificando os valores usados na avaliação competitiva proposta neste trabalho. Com isso o ganho gerado pela produção agrícola teria descontado o valor pago pelo uso da água, assim como na geração hidrelétrica. No entanto a realização de simulações considerando que haja a cobrança pelo uso da água necessita de uma pesquisa sobre a sua aplicação, sobre os valores normalmente praticados nas bacias onde há este tipo de instrumento em operação, e de como os recursos monetários poderiam ser aplicados na bacia. Destinando estes recursos para se alcançar as metas e o objetivo do plano de bacia. Isso sugere que o trabalho proposto pode ser aprimorado e soluções mais sofisticadas podem ser apresentadas como subsídio para a outorga de uso e ao processo de licenciamento ambiental destes empreendimentos.

4.8.3 Limitações do método

Como em todo método que simula processos naturais, no modelo proposto existem simplificações. Mesmo com estas limitações é necessário que o método responda de forma adequada às expectativas, ou seja, mantenha a qualidade dos resultados (princípio da parcimônia). Quanto a isso, no modelo proposto podem-se observar algumas limitações.

Para cada cultura é considerada a época de semeadura praticada na região, podendo simular também outros períodos, com os valores de demandas hídricas diárias médias para cada mês do período considerado. Inclusive no método é possível que seja estimada a demanda para outras culturas além da soja e do milho, bastando que admita que o parâmetro de armazenamento de água no solo pode ser o mesmo para ambas as culturas. Mas para isso deve-se considerar o total da demanda hídrica diária média para cada mês, com a soma das demandas de mais de uma cultura. Salientando que neste caso a área não pode ser considerada separadamente por cultura, o que não permite a estimativa de valores monetários de cada cultura, mas apenas as perdas de energia gerada, por exemplo.

Quanto ao armazenamento de água no solo após uma chuva foram testadas algumas opções de P_{Arm} e verificou-se que os resultados foram pouco influenciados por esta variável. Sendo o valor de 50% utilizado nas simulações. Este valor foi considerado adequado por se tratar de uma representação genérica dos processos entre solo, água e planta. Mas P_{Arm} poderia ser um valor diferente. A melhor forma de verificar sua aplicação correta seria procedendo a um estudo agrônomo aprofundado comparando os métodos convencionais de cálculo da água disponível para ser utilizado pela planta ou armazenado de um dia para o outro na lavoura. Este não é um dos objetivos deste trabalho, mas sim apresentar uma simplificação para estes processos de forma que outros valores possam ser utilizados, caso sejam feitas as constatações e validação desta variável.

Com relação às vazões em períodos sem geração hidroelétrica, ou seja, quando o ΔQ é inferior ao limite mínimo de vazão para o acionamento das turbinas da usina Q_{min} , a geração é zero, e toda a vazão afluenta vai para o TVA. No TVA existem os outros usos e as vazões ecológicas para serem atendidas. Isso ocorreu em 4,76% dos dias da série histórica simulada. Porém as vazões ecológicas Qeco

entram no modelo ao mesmo tempo em que as vazões para os outros usos (irrigação, diluição). Com isso, para que as vazões Qeco sejam sempre atendidas deve-se verificar se há vazão afluente suficiente para atender a Qeco e a Quso quando $\Delta Q < Q_{\min}$, sendo a Qeco prioridade, o que não está incluído no modelo proposto.

5 CONCLUSÕES

As conclusões são apresentadas em dois blocos: o 1º relativo à modelagem estruturada e o 2º relativo aos resultados encontrados com o modelo proposto para o estudo de caso na UHE Passo São João.

Em relação à modelagem estruturada pode-se concluir que a estratégia de uso dos dados prospectáveis processada por meio dos algoritmos parcimoniosos propostos permitiu a obtenção de informações úteis à uma tomada de decisão técnica no contexto de mediação dos usos competitivos da água. Estes processos normalmente são de interesse sócio ambiental, tais como o licenciamento ambiental e a outorga de uso dos recursos hídricos.

Estas informações úteis que a metodologia forneceu referem-se à energia gerada em comparação com os outros usos, no caso deste estudo, a relação competitiva entre a energia gerada, a produção agrícola e a diluição dos esgotos em termos monetários. Além disso, em etapa anterior à da valoração monetária, as rotinas do modelo permitiram os cálculos das demandas hídricas das lavouras para o cálculo da vazão para a irrigação, da demanda para a diluição das cargas e da vazão turbinada para a geração de energia hidrelétrica (balanço hídrico).

A estratégia montada por meio do modelo denominado “Hidroeco-BH” utilizou-se das seguintes informações:

(a) os dados da produção e cotação de produtos hidroagrícolas, conforme as informações da Companhia Nacional de Abastecimento Conab (2015) e da média da Série Histórica – 2010/2014 para a saca de 60 kg de soja e de milho (EMATER/RS-ASCAR, 2015);

(b) relativo à produção e cotação de energia hidrelétrica os dados foram provenientes do 1º leilão de energia nova para o SIN (Edital de leilão 002/2005-ANEEL) e dos parâmetros de projeto da usina hidrelétrica, queda de projeto, eficiência, limite máximo e limite mínimo de funcionamento das turbinas.

(c) relativo à produção de carga urbana, optou-se em avaliar o equivalente populacional em função de um coeficiente de eficiência na remoção da carga, decorrente do sistema de tratamento existente na área urbana;

(d) além dos anteriores, utilizaram-se os dados usuais de series históricas de vazões, de precipitações e de evaporação.

Em relação aos resultados encontrados com o modelo proposto para o estudo de caso na UHE Passo São João e de forma genérica pode-se concluir o seguinte:

Relativo à Geração de Hidroeletricidade o valor da redução de energia gerada com a troca do regime de vazões ecológicas LO Fepam por um menos restritivo (base 3 m³/s) pode ser equivalente à irrigação de lavouras de até 1.000 ha de soja com captação de água no trecho do rio.

Os valores de energia gerada em média por ano podem superar o da LO Fepam em 7,22% (base 3 m³/s), ou ser inferior ao gerado no regime LO Fepam, em 3,23% (base 17 m³/s). Comparando os regimes com maior e com menor impacto na geração a diferença de energia gerada entre o máximo e o mínimo chegou à 27.000 MWh médios por ano. Isso demonstra que a opção por um regime menos restritivo de vazão ecológica produz um impacto na geração hidrelétrica com uma redução na geração significativa e que a escolha por um regime pode impactar significativamente também os outros usos no trecho, devido a esta restrição.

Com relação à competição da Geração com o uso para irrigação da soja a energia perdida devido à irrigação chegou a 0,34 MWh/ha médio por ano variando até 0,27MWh/ha médio anual com o acréscimo da área irrigada, o que conduz a um valor insignificante, pois representa uma perda na geração de 0,1% (1.000 ha). Com maiores impactos para áreas maiores, com 5,2% do total que seria gerado sem a soja, no caso de 50.000 ha. Por outro lado, uma área muito maior (imensa) não condiz com a realidade por superar a área da própria bacia incremental do TVA.

Quanto ao ganho na irrigação, foi representativo, de R\$ 3.487.800,00 com 1.000 hectares de soja, se comparado à perda que houve na geração, de R\$ 61.872,14.

Devido ao balanço hídrico no trecho os valores de MWh/ha diminuem com o aumento para áreas muito maiores. O que ocorre porque há menos vazão turbinada, e conseqüentemente menos energia gerada e menos energia perdida.

Com isso tem-se uma relação entre as áreas de lavoura e o seu impacto na geração, o que é um dado importante para a avaliação da competitividade entre a geração e a irrigação com soja.

Com relação à Geração competindo com o uso para a irrigação do milho, da mesma forma que para o caso da irrigação de soja, a energia perdida devido à irrigação do milho chegou 0,35 MWh/ha médio por ano variando até 0,27MWh/ha médio anual com o acréscimo da área irrigada, o que conduz a um valor insignificante, pois e representa uma perda na geração de 0,1% (1.000 ha). Com maiores impactos para área maiores, com 5,1% do total que seria gerado sem a soja, no caso de 50.000 ha.

O ganho representativo com na irrigação de milho foi de R\$ 3.916.500,00 com 1.000 ha enquanto a perda que houve na geração foi de R\$ 63.825,54.

Estes valores se aproximam dos valores encontrados no caso da soja porque estas culturas têm a época de semeadura e demandas hídricas muito próximas, e porque foram utilizadas as mesmas áreas simuladas.

No caso do uso da água do TVA para a diluição da carga de DBO produzida por uma população urbana, a porcentagem de vazão turbinada diminuiu com a diminuição do coeficiente de remoção de carga. O que corresponde a um aumento de carga de chega ao fluxo do rio.

Com a inserção de 1.000 hectares de soja e de milho irrigados com a água do trecho e a diluição de uma carga de 270 kgDBO/dia, referente a 50% da carga de uma população de 10.000 habitantes, no regime LOFepam, se turbinou, em média, 0,31% da vazão afluente a menos que no caso da geração sem competição. Como consequência foi gerada menos energia, cerca de 1.450 MWh médios por ano.

Por outro lado essa diminuição de energia gerada correspondeu a uma perda para a usina, em termos monetários, de pouco mais de R\$265.000,00, valor muito menor do que o valor ganho pela atividade de produção agrícola com a irrigação, de aproximadamente R\$7.404.000,00.

Para os cenários simulados (com despejo de 270kgDBO/dia, para 1.000 ha de soja e para 1.000 ha de milho) a perda de energia gerada com o uso urbano, de 821 MWh médios/ano, foi maior que o valor obtido para a irrigação, de cerca de 350 MWh médios/ano para milho e 337 MWh médios/ano para a soja. Pôde-se verificar

que o uso urbano obteve ganho nulo em termos monetários. Isto seria mais um argumento desfavorável a esta atividade, mas este é um uso necessário para compensar a falta ou não eficiência da remoção da carga dos esgotos domésticos urbanos lançados no trecho do rio.

A diluição de cargas poderia ter sua demanda de vazão no trecho do rio diminuída quando houver maior abrangência ou eficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos e isso poderia fazer parte do plano da bacia hidrográfica, ou de algum plano relacionado ao saneamento da área urbana.

As áreas de lavouras com irrigação foram simuladas para valores maiores, que representariam situações de perímetros de irrigação muito superiores aos simulados, o que poderia ser uma situação encontrada em outra região. Da mesma forma, foram simuladas populações urbanas muito maiores que a simulada inicialmente (dez mil habitantes). Da mesma forma que na população de 10.000 habitantes os resultados para populações maiores demonstraram a diminuição da energia gerada com o aumento das áreas e com o aumento da população ou da carga urbana.

A área de irrigação a montante do barramento da usina também pode ser processada no balanço hídrico, pois requer uma vazão que não poderá ser turbinada, impactando a geração hidroelétrica. Estes aspectos demonstram a versatilidade do modelo para diversos arranjos de empreendimento de geração hidrelétrica e outros usos.

Pôde-se concluir ainda que os valores simulados com a irrigação até os 1.000 hectares e com a diluição de 50% das cargas das 10.000 pessoas representaram uma redução de energia gerada pequena em relação à geração sem outro uso competitivo no TVA. Essa energia que deixou de ser gerada poderia ser produzida por fontes alternativas. Porém provavelmente seria inviável a instalação de novos empreendimentos com um porte desta escala, apenas para compensar esta pequena quantidade energia que deixa de ser gerada. Isso se deve principalmente aos altos investimentos iniciais neste tipo de empreendimento, que se justificariam somente para uma potência maior. Deve-se ponderar também a deficiência no planejamento e legislação do setor energético nacional, que acabam propiciando barreiras a pequenas fontes de geração.

Por fim, o modelo, mesmo com as suas limitações, comprovou-se útil como uma metodologia genérica, desenvolvida com base em dados disponíveis. Tem potencial para ser aplicado na avaliação estratégica de outorga dos casos de conflitos sobre os múltiplos usos da água em um trecho de rio na presença de geração hidrelétrica. A regra de operação resultante da alocação da água para os diversos usos no trecho do rio pode servir de subsídio ao processo de apoio à decisão no processo de licenciamento ambiental destes empreendimentos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, 2002. Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ. **Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul** - Balanço entre Disponibilidade e Demandas Futuras dos Recursos Hídricos, em Quantidade e Qualidade, com Indicação de Conflitos Potenciais PGRH-RE-010-R0. v. 3, cap 4, 2002. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/planobacia3.php>>. Acesso em: 21 mar. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, 2005. **Região Hidrográfica do Uruguai**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>>. Acesso em: 12 ago. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, 2007. **Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no Brasil e, Fiscalização dos usos de recursos hídricos no Brasil**. / supervisão geral, João Gilberto Lotufo Conejo ; coordenação geral, Francisco Lopes Viana, Gisela Damm Forattini. Brasília, 2007. 166 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. PROGRAMA PRODUTOR DE ÁGUA. **Manual Operativo Superintendência de Usos Múltiplos**. Brasília-DF. 2008. Disponível em: < http://www.pibh-ms.coop.br/wp_content/uploads/2013/07/PRODUTOR-DE-AGUA.pdf> Acesso em: 8 de novembro de 2014.

AGUIAR NETTO, A. O.; NACIF, P. G. S.; REZENDE, J. O. **Avaliação do conceito de capacidade de campo para um latossolo amarelo coeso do estado da Bahia**. R. Bras. Ci. Solo, 23:661-667, 1999. pg 662 a 667.

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. **Cultivo do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo. 6. ed., 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/imanejo.htm >. Acesso em: 29 nov. 2014.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

ALEXANDRATOS, N. AND J. BRUINSMA. 2012. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Agricultural and Development Economics Division - ESA Working paper, n. 12-03. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2015.

ALVES, M. H.; A. G. HENRIQUES. **O caudal ecológico como medida de minimização dos impactes nos ecossistemas lóticos**. Métodos para a sua determinação e aplicações. Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 1994, Lisboa. **Anais...** Lisboa: APRH/ABRH, 1994. p. 177-190.

ANDRADE, C.L.T.; BRITO, R.A.L. **Cultivo do milho: Métodos de irrigação**. Embrapa milho e sorgo, 4. ed., 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/imetodos.htm>. Acesso em: 07 nov. 2014.

ARAÚJO, D. M. Os Dilemas do Princípio do Poluidor-pagador na atualidade. *Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas*, v. 1, p. 153-162, 2011.

ARAÚJO, A. F. B. **Demanda de água em sistemas de produção agrícola e seus impactos: ambientais e financeiros**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12209**. Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Procedimento. 1992.

ASSUNÇÃO, F. N.; BURSZTYN, M. A. A. As políticas das Águas do Brasil. In: XII Encuentro de Las Aguas, v.1, 2001, Santiago do Chile. **Anais...** Santiago do Chile: XII Encuentro de Las Aguas, 2001.

BANCO MUNDIAL – BM. **Relatório n. 40995-BR**. Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Hidrelétricos no Brasil: Uma Contribuição para o Debate. – Volume III. 2008. 109 p. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139278/Relat%C3%B3rio+Principal+\(PDF\)/8d530adb-063f-4478-9b0d-2b0fbb9ff33b;jsessionid=F0198597D8CCABE80B0C020FE40E97A7.srv155](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139278/Relat%C3%B3rio+Principal+(PDF)/8d530adb-063f-4478-9b0d-2b0fbb9ff33b;jsessionid=F0198597D8CCABE80B0C020FE40E97A7.srv155)> Acesso em: 19 mar. 2015

BARBOSA, G.S. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões** 4ª Edição, Nº4, Volume 1 - Jan/Jun 2008.

BEAN, C.; THOMAS, R. 2013. The Impacts Of Small-Scale Hydropower Upon Aquatic Communities. A Review Of The Scientific Literature. A project supported by the European Union's INTERREG IVA. **Programme managed by the Special EU Programmes Body**. Disponível em: <http://www.loughsagency.org/fs/doc/PHD04_IBIS_Report_Lit_Review_2013_Brackley_R.pdf>. Em: 11 de mar de 2015.

BELICO, J. C. B. ; LISBOA, L. ; GUEDES, H. A. S. ; SILVA, D. D . Comparação entre vazões mínimas de referência para o Rio Formoso - MG. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 718-733, 2013.

BENETTI, A. D.; LANNA, A. E.; COBALCHINI, M. S. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 149-160, 2003.

BERGAMASCHI, H. B. RADIN; L. M. G. ROSA; J. I. BERGONCI; R. S. ARAGONÉS; A. O. SANTOS; S. FRANÇA; M. LANGENSIEPEN. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1, p.23-27, 2001.

BERLATO, M.A. FONTANA, D.C. El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul: aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: **UFRGS Editora**, 2003. 110p.

BERMANN, C. O projeto da Usina Hidrelétrica Belo Monte: a autocracia energética como paradigma. **Novos Cadernos NAEA**. v. 15, n. 1, p. 5-23, 2012.

BORGES, J. V. Os princípios do direito ambiental: uma alternativa na busca pelo desenvolvimento sustentável. **Justiça do Direito** (UPF), v. 24, p. 75-89, 2010.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988: atualizada ate a Emenda Constitucional n. 0, de 15-12-1988. 21. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

BRASIL. Decreto Federal n. 24.643, de 10 de Julho de 1934, Código das Águas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 25 abr. 2015.

BRASIL. Lei n. 6.938. Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 1981. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 02 jul. 2015.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 1997. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L9433.htm>>. Acesso em: 24 set. 2012.

BRASIL. Lei Nº 14.328 de 23 de outubro de 2013.

BRASIL. Lei n. 10.848, de 15 de março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 2004. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.848.htm>. Acesso em: 12 set. 2014. BRASIL.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 181 p.

BRASIL. **Portaria do Ministério do Interior** n. 13, de 15 de janeiro de 1976. Estabelece a classificação dos corpos d'água superficiais com os respectivos padrões de qualidade e de emissão de efluentes. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

BRIGNOL, W. ; BARIN, A. ; CANHA, L. N. ; ABAIDE, A. R. ; De CARLI, M. P. . Definição de regimes operacionais de fontes de geração distribuída através da aplicação do método multicritério de tomada de decisão Macbeth, 2014, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: REI - SEPOC + SESP, Seminário de Energia e Sistemas de Potência, 2014.

BRITO, D. M.C. ; BASTOS, C. M. C. B. ; Farias, R T S ; Brito, D C ; Dias, G A C. Conflitos socioambientais no século XXI. PRACS: **Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**, v. 4, p. 51-58, 2011.

BRUINSMA, J. The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? FAO Expert Meetin on How to Feed the World in 2050, 2009, Roma. **Anais...** Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations Economic and Social Development Department, 2009.

BUNN, S. E. & ARTHINGTON, A. H. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. **Environmental Management**, v. 30, p. 492-507, 2002.

CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, p. 969-985, 2013.

CEPEA. Relatório da safra 2012/13: Grãos – Cruz Alta/RS. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz De Queiroz” – ESALQ, Departamento de Economia, Administração e Sociologia, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. 2013. 84p. **Relatório técnico apresentado ao Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR/RS.**

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuáriasustentável. **Revista da política Agrícola**. Ano XXII – N° 1 – Jan./Fev./Mar. 2013.

COLLISCHONN, W.; AGRA, S.G.; FREITAS, G.K.; PRIANTE, G.; TASSI, R.; SOUZA, C.F. Em busca do Hidrograma Ecológico, 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005. p. 421-453.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO – CBHSF, 2004. Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (2004- 2013). **Resumo Executivo**. Salvador, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2015. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 10 - **Décimo levantamento**, Brasília, 109 pg, julho 2015. ISSN 2318-6852. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_07_09_08_59_32_boletim_graos_julho_2015.pdf. Acesso em: 10 jul. 2015.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO NO RIO DE JANEIRO – **ECO92**, 1992. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio-92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentavel-dos-paises.aspx>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CNRH, 2006. Estabelece diretrizes de articulação dos procedimentos para obtenção da outorga de direito de uso de recursos hídricos com os procedimentos de licenciamento ambiental. **Resolução CNRH n.º 65**, de 7 de Dezembro de 2006. Disponível em: <<https://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id4961.htm>>. Acesso em: 3 julho. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 1997. Dispõe sobre a revisão dos procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental. **Resolução nº 237**, de 19 de dezembro DE 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2000. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas e dá outras providências. **Resolução nº 274**, de 29 de novembro 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>>. Acesso em: 17 out. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2001. Dispõe sobre o licenciamento de empreendimentos de irrigação. **Resolução nº 284**, de 1 de outubro de 2001. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=282>>. Acesso em: 20 out. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2013.

COSGROVE, C. E.; COSGROVE, W. J. The dynamics of global water futures: driving Forces 2011 – 2050. Report on the findings of Phase One of the United Nations World Water Assessment Programme - **UNESCO-WWAP**. Paris. 2012. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002153/215377e.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2015.

CRUZ, J. C., TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 111-124, 2008.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001 Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2602/000323130.pdf>>. Acesso em: 09 dez 2012.

CRUZ, R. C., CRUZ, J. C., SILVEIRA, G. L., VILLELA, F. S. Vazões ecológicas e remanescentes em rios alterados por barragens. Estudo de caso. **Revista Ciência e Ambiente**. Rios da América. Julho/ dezembro de 2010.

DAILY, G. C.; ALEXANDER, S.; EHRLICH, P. R.; GOULDER, L.; LUBCHENCO, J.; MATSON, P.A.; MOONEY, H. A.; POSTEL, S.; SCHNEIDER, S. H.; TILMAN, D.; WOODWELL, G.M. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. **The Ecological Society of America**, Washington USA, n. 2,

1997. Disponível em: <<http://www.esa.org/esa/wp-content/uploads/2013/03/issue2.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

DE PAULO, R. G. F de. **Ferramentas para a determinação de vazões ecológicas em trechos de vazão reduzida: destaque para aplicação do método do perímetro molhado no caso de Capim Branco**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2007.

EMATER. Rio Grande do Sul/Ascar. Relatório de atividades 2012. Porto Alegre: **Emater/RSAscar**, 2013. 131 p. il. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/arquivos/relatorioinstitucional/Relatorio%20de%20Atividades-2012.pdf>>. Acesso em: 12 fevereiro. 2014.

EMATER. Rio Grande do Sul/Ascar. **Boletim informativo nº1870** - acompanhamento de preços recebidos pelos produtores do rio grande do sul. 2015. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/precos/preco_21082015.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa, 2010a. Cultivo do Milho: Cultivares. **Embrapa Milho e Sorgo**, 6. ed., 2010. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/irriga/irrigacao.php>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa, 2010b. Cultivo do Milho: Plantio. **Embrapa Milho e Sorgo**, 6. ed., 2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm>. Acesso em: 13 fev. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa, 2010c. Cultivares de soja regiões Sul e Central do Brasil 2010/2011. **Embrapa Soja**, Londrina, 2010. 62 pg. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/FolhetoSoja.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. 2014. Série Estudos da Eficiência Energética, **Nota Técnica DEA 10/14**. Consumo de Energia no Brasil. Análises Setoriais. Rio de Janeiro. Junho de 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 6 de maio de 2015.

FALCO, G. P. ; VELLASCO, M.B.R ; LAZO, J. G. L. ; ALTAF, J.G ; TROCCOLI, I. R. A gestão socioambiental à luz das técnicas de valoração econômica do meio ambiente: uma análise do valor de uso indireto e do valor de existência. VII Simpósio de Excelência em Gestão de Tecnologia, 2010, Resende. **Anais...** Resende : VII SEGET, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO 2006. **The State of Food and Agriculture**. 2006. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0800e/a0800e.pdf>>. Acesso em: 31 jun. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS AND WORLD WATER COUNCIL – FAO/WWC, 2015. Towards a water and food secure future. **Critical Perspectives for Policy-makers**. Marseille, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/docs/FAO_WWC_white_paper_web.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Londres. 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/017/i1688e/i1688e.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2015.

FRANTZ, L. C., CRUZ, J. C. O processo de outorga de direito de uso de recursos hídricos superficiais no Rio Grande do Sul: contribuições para o aprimoramento. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 7, 2010.

FRENKEN, K., GILLET V. Irrigation water requirement and water withdrawal by country. November 2012. **FAO's global water information system – AQUASTAT**. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/IrrigationWaterUse.pdf> Acesso em: 21 ago. 2014.

GOMES, A. da S.; SCIVITTARO, W.B.; PETRINI, J.A.; FERREIRA, L.H.G. A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado. **Embrapa Clima Temperado**. Documentos, 250, Pelotas, 2008. 44p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45267/1/documento-250.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2014.

HIRAKURI, M. H., LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Embrapa Soja**. Documentos, 349, Londrina, 2014. 70p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. ISSN 0103-6157. Rio de Janeiro, p.1-777, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 29 abr. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística da Produção Agrícola: Setembro de 2013**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201309.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2007. **Contagem da população**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2011. **Atlas de saneamento 2011**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtml> Em 14 de dez de 2011.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER AND THE ENVIRONMENT – **ICWE, 1992.** Disponível em: <http://www.meioambiente.uerj.br/emrevista/documentos/dublin.htm>. Acesso em: 03 jun. 2015.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA, 2015. **Renewable energy capacity statistics 2015.** Disponível em: <http://www.irena.org/resource>. Acesso em: 09 jul. 2015.

JAGER, H. I.; SMITH, B. T., Sustainable reservoir operation: can we generate hydropower and preserve ecosystem values? **River Research and Applications**, v. 24, n. 3, p. 340–352, 2008.

JAIN, K.J. Assessment of environmental flow requirements for hydropower projects in India. **Current Science**, v. 108, n. 10, p.1815–1825, 2015. Disponível em: <<http://www.currentscience.ac.in/Volumes/108/10/1815.pdf>>. Acesso em: 9 ago. 2015.

JOWET, I.G. Instream flow methods: a comparison of approaches. **Regulated rivers: research & management**, v. 13, p. 115–127, 1997. Disponível em: <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199703\)13:2%3C115::AID-RRR440%3E3.0.CO;2-6/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1099-1646(199703)13:2%3C115::AID-RRR440%3E3.0.CO;2-6/abstract)>. Acesso em: 02 abr. 2014.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite, **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Exatas, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

KUSS, R. C. R. **Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da soja.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LANNA, A. E. L.; BENETTI, A. D. Estabelecimento de Critérios para Definição da Vazão Ecológica no Rio Grande do Sul: **Relatório Final.** Fundação Estadual de Proteção Ambiental - FEPAM: Porto Alegre, RS. 2002.

LI, C.; KANG, L. A New Modified Tennant Method with Spatial-Temporal Variability. **Water Resources Management**, v. 28, p. 4911–4926, 2014.

LONGHI, E. H.; FORMIGA, K. T. M. Metodologias para determinar vazão ecológica em rios. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 20, p. 33-48, 2011. Disponível em: <http://www.rbciamb.com.br/images/online/Mat%C3%A9ria_4_final_artigos279.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2015.

LORENSI, R. P.; ZARDO, K.; MATTAR, D. M. P.; NISHIJIMA, T. A utilização dos recursos hídricos no sistema de irrigação por superfície (inundação) na cultura do arroz mediante as normatizações. **Ambiência (UNICENTRO)**, v. 6, p. 355-364, 2010.

LOURENÇO, N.; MACHADO C. R. Mudança Global e Geopolítica da Água. Governança para a Sustentabilidade. **Repositório científico Altântica** –

CTAD/GAT, 2012. Disponível em: <<http://repositorio-cientifico.uatlantica.pt/jspui/handle/10884/699?mode=full>>. Acesso em: 02 fev. 2013.

LYTLE, D. A. & POFF, N. L. Adaptation to natural flow regimes. **Trends in Ecology and Evolution**, v.19, p. 94-100, 2004.

MARTINI, L. C. P. ; LANNA, A. E. . Medidas compensatórias aplicáveis a poluição hídrica de origem agrícola. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n.1, p. 111-136, 2003.

MAYERS, J., BATCHELOR, C., BOND, I., HOPE, R. A., MORRISON, E. AND WHEELER, B. Water ecosystem services and poverty under climate change: Key issues and research priorities. **International Institute for Environment and Development**, London, n. 17, 2009. Disponível em: <<http://pubs.iied.org/pdfs/13549IIED.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

NETO, S. P. da; SILVA, S. A. da. Plantio da soja na época certa. **Embrapa Cerrados**, Planaltina, 2010. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?id=22785&secao=Artigos%20Especiais>>. Acesso em: 19 dez. 2014.

NORONHA, L. C. Com boa gestão, não faltará água. In: BARROS FILHO, O. L.; BOJUNGA, S. (Orgs.), Tempo das águas. Porto Alegre: **Laser Press Comunicação**, p.15-39, 2008.

OECD/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – **OECD/FAO, 2015**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en>. Acesso em: 26 mar. 2015.

PETRINI, J. A.; Azambuja, I. H. V.; Magalhães Junior, A. M.; Fagundes, P. R. R.; Winkler, A. S.; Kuhn, R. Estratégias de irrigação para redução do uso da água em arroz irrigado. VIII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2013, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: VIII CBAI, 2013.

PETRY, M. T. **Simulação da necessidade de irrigação no estado do Rio Grande do Sul para compensar perdas por deficiência hídrica de milho, soja e feijão**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1662>. Acesso em: 27 set. 2014.

PITOL, C.; BROCH, D.L. Soja: Lavoura mais produtiva e tolerante à Seca. **Tecnologia e produção, Soja e Milho 2011/2012**, 2012. Disponível em: <http://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/19/19/5385db42b3e935619adfcca20e182063cfda3700c1d7c_06-soja-mais-produtiva-e-tolerante-a-seca_1123989594.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2014.

PITOL, C.; ROSCUE, R. Soja Mais Produtiva e Tolerante à Seca. **Anais...14º Encontro nacional de plantio direto na palha**. Bonito. MS. 2014.

POFF, N. L., ALLAN J. D., BAIN M. B., KARR J. R., PRESTEGAARD K. L., RICHTER B. D., SPARKS R. E., STROMBERG J. C. The natural flow regime.

BioScience, v. 47, n. 1, p. 769-784, 1997. Disponível em: <<http://www.americanrivers.org/assets/pdfs/water-supply/the-natural-flow-regime.pdf?bf5c96>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

REIS, A. A. **Estudo comparativo, aplicação e definição de metodologias apropriadas para a determinação da vazão ecológica na bacia do rio Pará, em Minas Gerais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2007

RICHTER, B.D., J.V. BAUMGARTNER, R. WIGINGTON, AND D.P. BRAUN. How much water does a river need? **Freshwater Biology**, v. 37, p. 231-249, 1997. Disponível em: <<https://www.conservationgateway.org/Documents/1997.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto nº 37.033**, de 21 de novembro de 1996. Regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=99688&inpCodDispositive=&inpDsKeywords=>>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Programa estadual de irrigação “irrigando a agricultura familiar” **manual operativo**. Porto Alegre: 2012. Disponível em: <http://www.sdr.rs.gov.br/conteudo.php?cod_conteudo=518&cod_menu=9?>>. Acesso em: 21 jan. 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Nº 14328. Política estadual de irrigação. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 2013. Disponível em: <<http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=261124>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2014.

RIO GRANDE DO SUL. Lei n. 14.244, de 27 de maio de 2013. Institui o programa da agropecuária irrigada: Mais água, mais renda”. **Diário Oficial [da] Republica Federativa do Brasil**. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA, 2013. Disponível em <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/LEI%2014.244.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2014.

RODRIGUES, K. C. M; FERREIRA, M. O. A economia e o desenvolvimento sustentável: do Clube de Roma aos dias atuais. 2013. VIII SOBER Nordeste Pluralidades Econômicas, Sociais e Ambientais: interações para reinventar o Nordeste Rural, 2013, Parnaíba. **Anais...** Parnaíba: VIII SOBER, 2013.

ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidades, tendências e tipologia**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://www.smad.rs.gov.br/downloads/documentos/ROSSATO_Climas%20do%20R_S_UFRGS_2011.pdf>. Acesso em: 19 set. 2014.

ROQUES, T. V. P. **Aplicação de modelos computacionais na análise de outorga para diluição de efluentes em corpos de água – fontes pontuais e difusas**.

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2006.

SALIM, F. P. C. ; ROQUES, T. V. P. ; SOUZA, W. G. Definição de critérios técnicos de análise de outorga para diluição de efluentes: o caso do Estado do Espírito Santo. **Anais...** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo. 2007.

SANTOS, A. H. O. **Impacto da aplicação da legislação ambiental na produção orizícola na bacia hidrográfica do Arroio Grande** – Santa Maria – RS. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=14>. Acesso em: 21 dez. 2014.

SARMENTO, R. Estado da arte da vazão ecológica no Brasil e no mundo. Projeto 704BRA2041 da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura – **UNESCO/CBHSF**, 2007. Disponível em: <http://cbhsaofrancisco.org.br/?wpfb_dl=1583>. Acesso em: 11 mai. 2014.

SCIVITTARO, W. B.; STEINMETZ, S.; A. C. M. SEVERO. Demanda Hídrica e Eficiência de Uso da Água pelo Arroz: Influência do Período de Supressão da Irrigação. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. **Embrapa Clima Temperado**, 2010. Disponível em: <<http://www.ausm.com.br/utl/desenv/Demanda%20Hidrica%20e%20Eficiencia%20de%20Uso%20da%20Agua%20pelo%20Arroz%20Influencia%20do%20Perlodo%20de%20SupressAo%20da%20IrrigaCAo.pdf>>. Em: 11 fev. 2014.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMA, 2007. Departamento de Recursos Hídricos. **Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do Rio Grande do Sul**: diagnóstico das disponibilidades hídricas superficiais para o RS, 2007.

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – SEMA, 2011. Departamento de Recursos Hídricos. Elaboração do plano estadual de recursos hídricos do Rio Grande do Sul: **Relatório da Fase B**, 2011. Disponível em: <<http://perh-rs.com.br/relatorio-da-fase-b/>>. Em: 10 fev. 2015.

SEIFFERT, M. E. B. Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. 2 ed. São Paulo: **Atlas**, 2011.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. Meteorologia Agrícola. ESALQ/USP, 2009. **Notas de aula**. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula1.pdf>>. Em 04 de janeiro de 2015.

SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n.1, p. 67-72, 2007.

SILVA, R. L. L DA. **Estratégia de monitoramento em apoio ao licenciamento ambiental em trecho de vazão reduzida**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SILVEIRA, G. L., CRUZ, J. C., CRUZ, R. C., VILLELA, F. S. Vazões ecológicas e remanescentes em rios alterados por barragens. **Revista Ciência e Ambiente**. Rios da América. Julho/ dezembro de 2010.

SOUZA, C. F., **Vazões ambientais em hidrelétricas: Belo Monte e Manso**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SOUZA, C.; AGRA, S. ; TASSI, R. ; COLLISCHONN, Walter ; FREITAS, G. . Desafios e oportunidades para a implementação do hidrograma ecológico. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, v. 5, p. 25-38, 2008.

STRECK, N. A.; BURIOL, Galileo Adeli ; HELDWEIN, Arno Bernardo ; GABRIEL, L. F. ; PAULA, G. M. de . Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (1977. Impressa), v. 44, p. 1553-1561, 2009.

STONE, L. F. Eficiência do uso da água na cultura do arroz irrigado / Santo Antônio de Goiás . **EMBRAPA Arroz e Feijão. Documentos**, 174, 2005. p.48. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAF/23974/1/doc_176.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2015.

SUPERINTENDÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE GERAÇÃO DA AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - SFG, 2014. **Banco de Informações da Geração**, 2014. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm> . Acesso em Julho de 2015.

TABOADA, C. P. El principio “quien contamina paga” y el principio de capacidad económica. São Paulo: Malheiros, 2005.

INSTREAM FLOW CONFERENCE, IFC. 2008. Donald L. Tennant: Making a Difference Award., San Antonio. **Anais...** San Antonio – EUA: Flow, 2008. Disponível em: <http://www.instreamflowcouncil.org/awards/donald-l-tennant/>. Acesso em: 17 fev. 2015.

TENNANT, D. L.; Instream Flow Regimes for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. **Fisheries**, v. 1, n. 4, p. 6-10, 1976.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP, 2009. World Water Development Report 3: **Water in a Changing World**. UNESCO, 2009.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME – WWAP, 2014. The United Nations World Water Development Report 2014: **Water and Energy**. UNESCO, 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, Foreign Agricultural Service/USDA. Office of Global Analysis. **Oilseeds World Markets and Trade**. 2015a. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, Foreign Agricultural Service/USDA. World Agricultural Production. **Circular Series WAP 7-15** July 2015. 2015b. Disponível em: < <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Em: 29 jul. 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE – USDA/NASS, 2015. **Soybeans recent statistics**. 2015. Disponível em: <<http://quickstats.nass.usda.gov/results/05B18BC6-B167-3DB5-9E62-41920441ACDE>>. Acesso em: 30 jul. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM/FEPAM, 2006. Desenvolvimento de metodologias de avaliação de impacto de condicionantes significativas do meio físico (vazão remanescente e qualidade da água) e sua relação com as variáveis operacionais do sistema de geração de energia hidrelétrica para subsidiar sistema de apoio à tomada de decisões para licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos no Estado do Rio Grande do Sul. **Relatório Final da Etapa 2**: FEPAM, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, HIDROECO, 2012. Estratégia metodológica de monitoramento quali-quantitativo com vistas à aplicação na definição de hidrogramas de vazão ecológica. REDE HIDROECO - Hidrograma Ecológico e Modelagem, **Relatório Final**: FINEP, 2012.

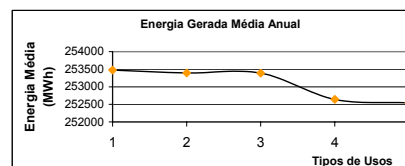
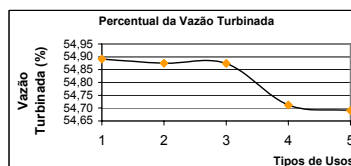
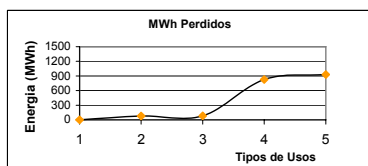
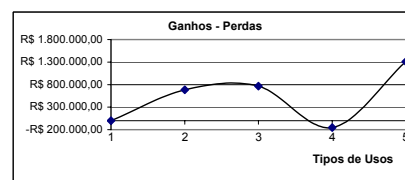
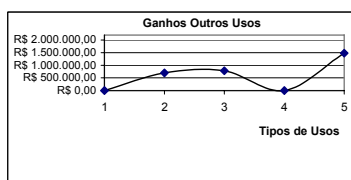
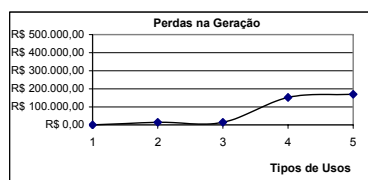
VAZ, S. M. **Responsabilidade civil ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Direito. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS, Brasil. 2007.

7 APÊNDICE 1 – CENÁRIOS BÁSICOS

60 Simulações: com 10 mil habitantes e áreas de 200, 600 e 1.000 hectares.

Cenário 1. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 17 m³/s.

Simulação com qEco base 17 - Sao Joao no Rio Ijuí											
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m3/s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m3/s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS PERDAS - \$
1 Ger	1928552,7	54.89	100,00	155,403	28,935	253471	0	R\$ 46.446.109	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2 Ger + Soja	1927958,8	54,87	99,97	155,355	28,926	253393	78	R\$ 46.431.805	R\$ 14.304,37	R\$ 697.560,00	R\$ 683.255,63
3 Ger + Milho	1927933,6	54,87	99,97	155,353	28,926	253390	81	R\$ 46.431.199	R\$ 14.910,07	R\$ 783.300,00	R\$ 768.389,93
4 Ger + Urb.	1922242,8	54,71	99,67	154,895	28,840	252642	829	R\$ 46.294.146	R\$ 151.963,30	R\$ 0,00	-R\$ 151.963,30
5 Todos usos	1921482,8	54,69	99,63	154,833	28,829	252542	929	R\$ 46.275.843	R\$ 170.266,60	R\$ 1.480.860,00	R\$ 1.310.593,40



Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	28,200	84,932	28,386	84,746	28,333	84,799	28,825	84,307	29,144	83,988
2/1/1961	123,91	28,200	95,707	28,386	95,520	28,333	95,574	28,825	95,082	29,144	94,762
3/1/1961	136,84	28,200	108,636	28,386	108,450	28,333	108,503	28,825	108,011	29,144	107,692
4/1/1961	156,23	28,200	128,030	28,200	128,030	28,200	128,030	28,825	127,405	28,825	127,405
5/1/1961	172,39	28,200	144,192	28,200	144,192	28,200	144,192	28,825	143,567	28,825	143,567
6/1/1961	220,88	28,200	192,677	28,200	192,677	28,200	192,677	28,825	192,052	28,825	192,052
7/1/1961	239,19	28,200	210,993	28,386	210,807	28,318	210,875	28,825	210,368	29,129	210,064
8/1/1961	233,81	28,200	205,606	28,386	205,420	28,333	205,473	28,825	204,981	29,144	204,662
9/1/1961	215,49	28,200	187,290	28,386	187,103	28,333	187,157	28,825	186,665	29,144	186,345
10/1/1961	196,10	28,200	167,896	28,200	167,896	28,200	167,896	28,825	167,271	28,825	167,271
11/1/1961	183,17	28,200	154,966	28,200	154,966	28,200	154,966	28,825	154,341	28,825	154,341
12/1/1961	183,17	28,200	154,966	28,200	154,966	28,200	154,966	28,825	154,341	28,825	154,341
13/1/1961	167,00	28,200	138,805	28,386	138,618	28,317	138,687	28,825	138,180	29,128	137,876
14/1/1961	172,39	28,200	144,192	28,386	144,005	28,333	144,059	28,825	143,567	29,144	143,247
15/1/1961	183,17	28,200	154,966	28,386	154,780	28,333	154,833	28,825	154,341	29,144	154,022
16/1/1961	199,33	28,200	171,128	28,386	170,942	28,333	170,995	28,825	170,503	29,144	170,183
17/1/1961	206,87	28,200	178,670	28,386	178,484	28,333	178,537	28,825	178,045	29,144	177,726
18/1/1961	185,32	28,200	157,121	28,200	157,121	28,200	157,121	28,825	156,496	28,825	156,496
19/1/1961	164,85	28,200	136,650	28,200	136,650	28,200	136,650	28,825	136,025	28,825	136,025
20/1/1961	151,92	28,200	123,720	28,293	123,627	28,200	123,720	28,825	123,095	28,918	123,002
21/1/1961	137,91	28,200	109,713	28,386	109,527	28,333	109,580	28,825	109,088	29,144	108,769
22/1/1961	126,06	28,200	97,862	28,386	97,675	28,333	97,728	28,825	97,237	29,144	96,917
23/1/1961	119,60	28,200	91,397	28,386	91,211	28,333	91,264	28,825	90,772	29,144	90,452

Parâmetros de Simulação

Área lavoura de Soja (ha)	200,0	Mes	qEco	
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0		1	28,2
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1		2	28,4
			3	22,0
Área lavoura de Milho (ha)	200,0		4	17,3
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0		5	17,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1		6	33,3
			7	42,3
Queda de projeto (m)	26,0		8	49,8
Rendimento Usina (%)	73,0		9	71,6
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2		10	55,6
			11	45,4
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	270,00	12	34,9	

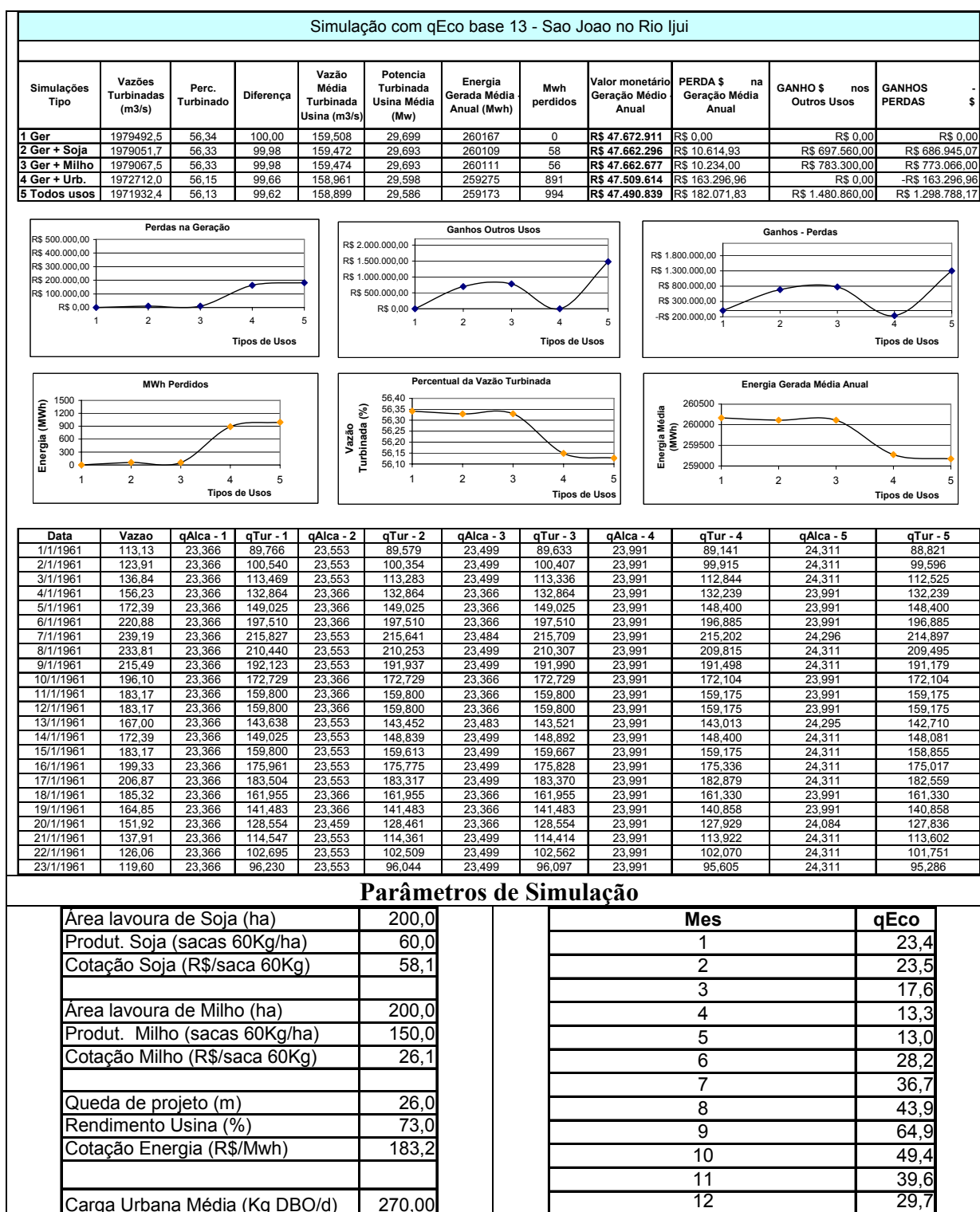
Cenário 2. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 15 m³/s.

Simulação com qEco base 15 - Sao Joao no Rio Ijuí											
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m ³ /s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m ³ /s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS PERDAS - \$
1 Ger	1953301,6	55,60	100,00	157,397	29,306	256724	0	R\$ 47.042.147	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2 Ger + Soja	1952825,3	55,58	99,98	157,359	29,299	256662	63	R\$ 47.030.675	R\$ 11.472,45	R\$ 697.560,00	R\$ 686.087,55
3 Ger + Milho	1952882,0	55,58	99,98	157,364	29,300	256669	55	R\$ 47.032.041	R\$ 10.106,34	R\$ 783.300,00	R\$ 773.193,66
4 Ger + Urb.	1946841,2	55,41	99,67	156,877	29,209	255875	849	R\$ 46.886.558	R\$ 155.589,48	R\$ 0,00	-R\$ 155.589,48
5 Todos usos	1946152,9	55,39	99,63	156,821	29,199	255785	940	R\$ 46.869.981	R\$ 172.165,73	R\$ 1.480.860,00	R\$ 1.308.694,27

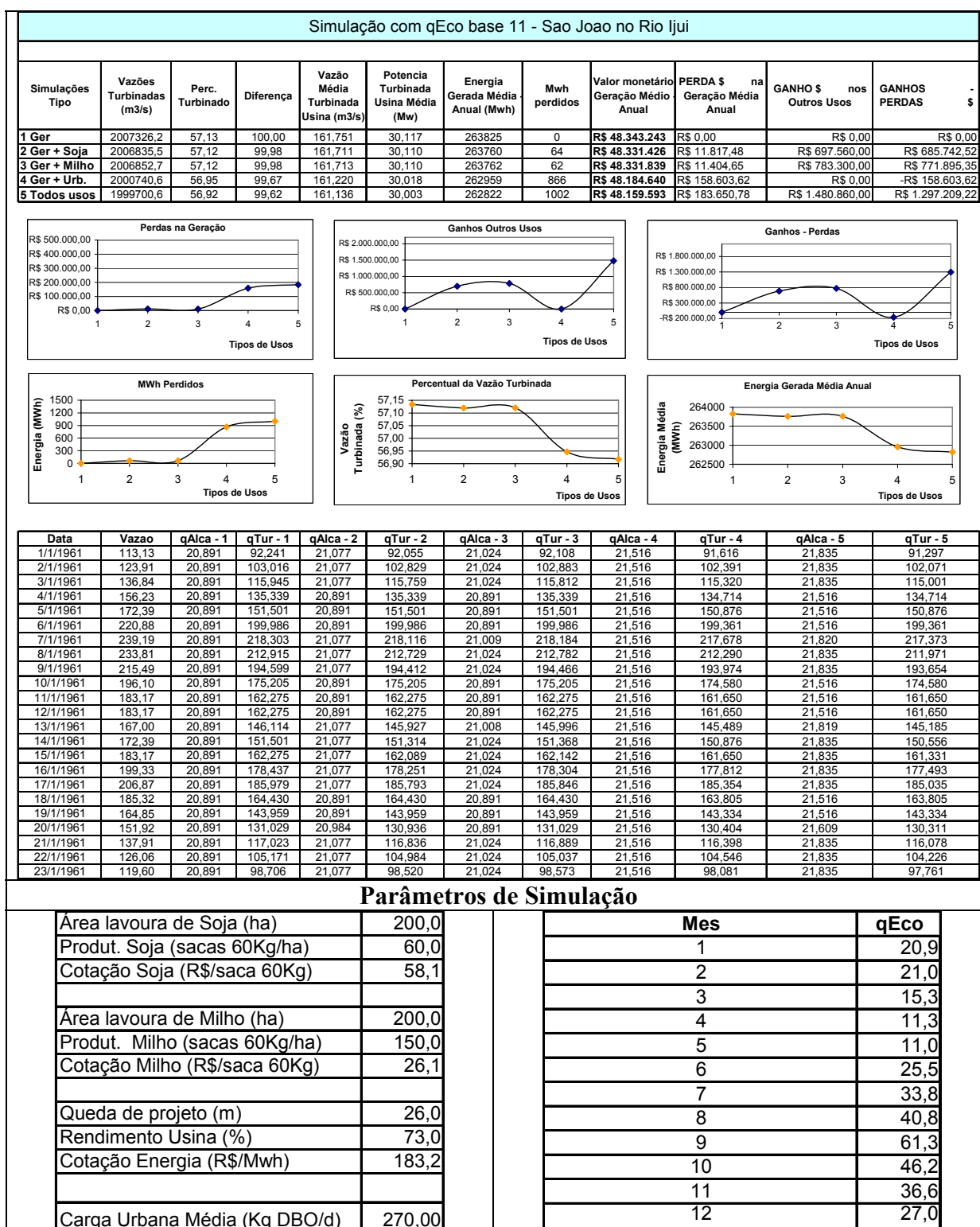
Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	25,800	87,332	25,986	87,146	25,933	87,199	26,425	86,707	26,744	86,388
2/1/1961	123,91	25,800	98,107	25,986	97,920	25,933	97,973	26,425	97,482	26,744	97,162
3/1/1961	136,84	25,800	111,036	25,986	110,850	25,933	110,903	26,425	110,411	26,744	110,092
4/1/1961	156,23	25,800	130,430	25,800	130,430	25,800	130,430	26,425	129,805	26,425	129,805
5/1/1961	172,39	25,800	146,592	25,800	146,592	25,800	146,592	26,425	145,967	26,425	145,967
6/1/1961	220,88	25,800	195,077	25,800	195,077	25,800	195,077	26,425	194,452	26,425	194,452
7/1/1961	239,19	25,800	213,393	25,986	213,207	25,918	213,275	26,425	212,768	26,729	212,464
8/1/1961	233,81	25,800	208,006	25,986	207,820	25,933	207,873	26,425	207,381	26,744	207,062
9/1/1961	215,49	25,800	189,690	25,986	189,503	25,933	189,556	26,425	189,065	26,744	188,745
10/1/1961	196,10	25,800	170,296	25,800	170,296	25,800	170,296	26,425	169,671	26,425	169,671
11/1/1961	183,17	25,800	157,366	25,800	157,366	25,800	157,366	26,425	156,741	26,425	156,741
12/1/1961	183,17	25,800	157,366	25,800	157,366	25,800	157,366	26,425	156,741	26,425	156,741
13/1/1961	167,00	25,800	141,204	25,986	141,018	25,917	141,087	26,425	140,579	26,728	140,276
14/1/1961	172,39	25,800	146,592	25,986	146,405	25,933	146,459	26,425	145,967	26,744	145,647
15/1/1961	183,17	25,800	157,366	25,986	157,180	25,933	157,233	26,425	156,741	26,744	156,422
16/1/1961	199,33	25,800	173,528	25,986	173,342	25,933	173,395	26,425	172,903	26,744	172,583
17/1/1961	206,87	25,800	181,070	25,986	180,884	25,933	180,937	26,425	180,445	26,744	180,126
18/1/1961	185,32	25,800	159,521	25,800	159,521	25,800	159,521	26,425	158,896	26,425	158,896
19/1/1961	164,85	25,800	139,050	25,800	139,050	25,800	139,050	26,425	138,425	26,425	138,425
20/1/1961	151,92	25,800	126,120	25,893	126,027	25,800	126,120	26,425	125,495	26,518	125,402
21/1/1961	137,91	25,800	112,113	25,986	111,927	25,933	111,980	26,425	111,488	26,744	111,169
22/1/1961	126,06	25,800	100,261	25,986	100,075	25,933	100,128	26,425	99,636	26,744	99,317
23/1/1961	119,60	25,800	93,797	25,986	93,610	25,933	93,664	26,425	93,172	26,744	92,852

Parâmetros de Simulação			
		Mes	qEco
Área lavoura de Soja (ha)	200,0	1	25,8
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0	2	26,0
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1	3	19,8
Área lavoura de Milho (ha)	200,0	4	15,3
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0	5	15,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1	6	30,7
Queda de projeto (m)	26,0	7	39,5
Rendimento Usina (%)	73,0	8	46,9
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2	9	68,3
		10	52,5
		11	42,5
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	270,00	12	32,3

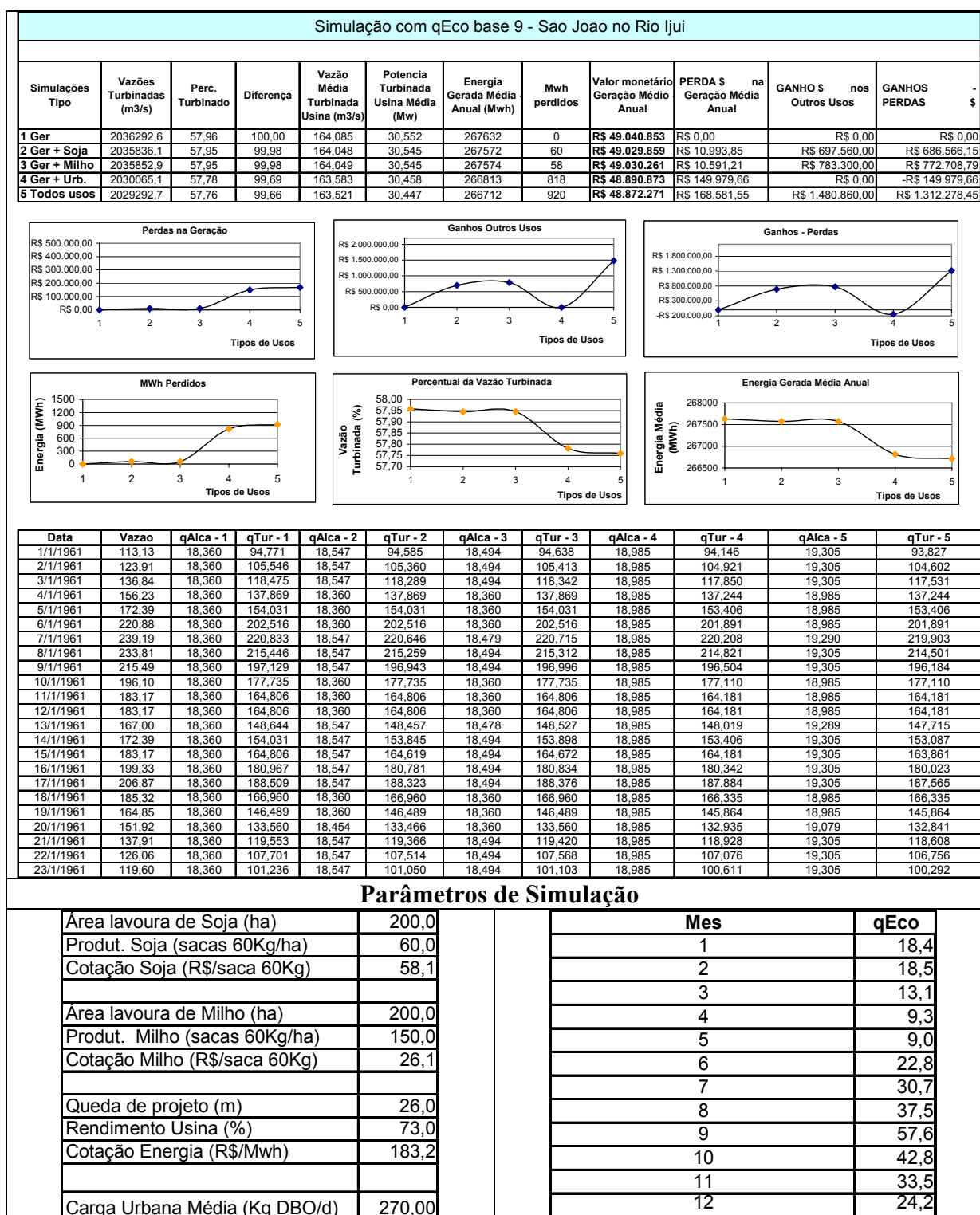
Cenário 3. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 13 m³/s.



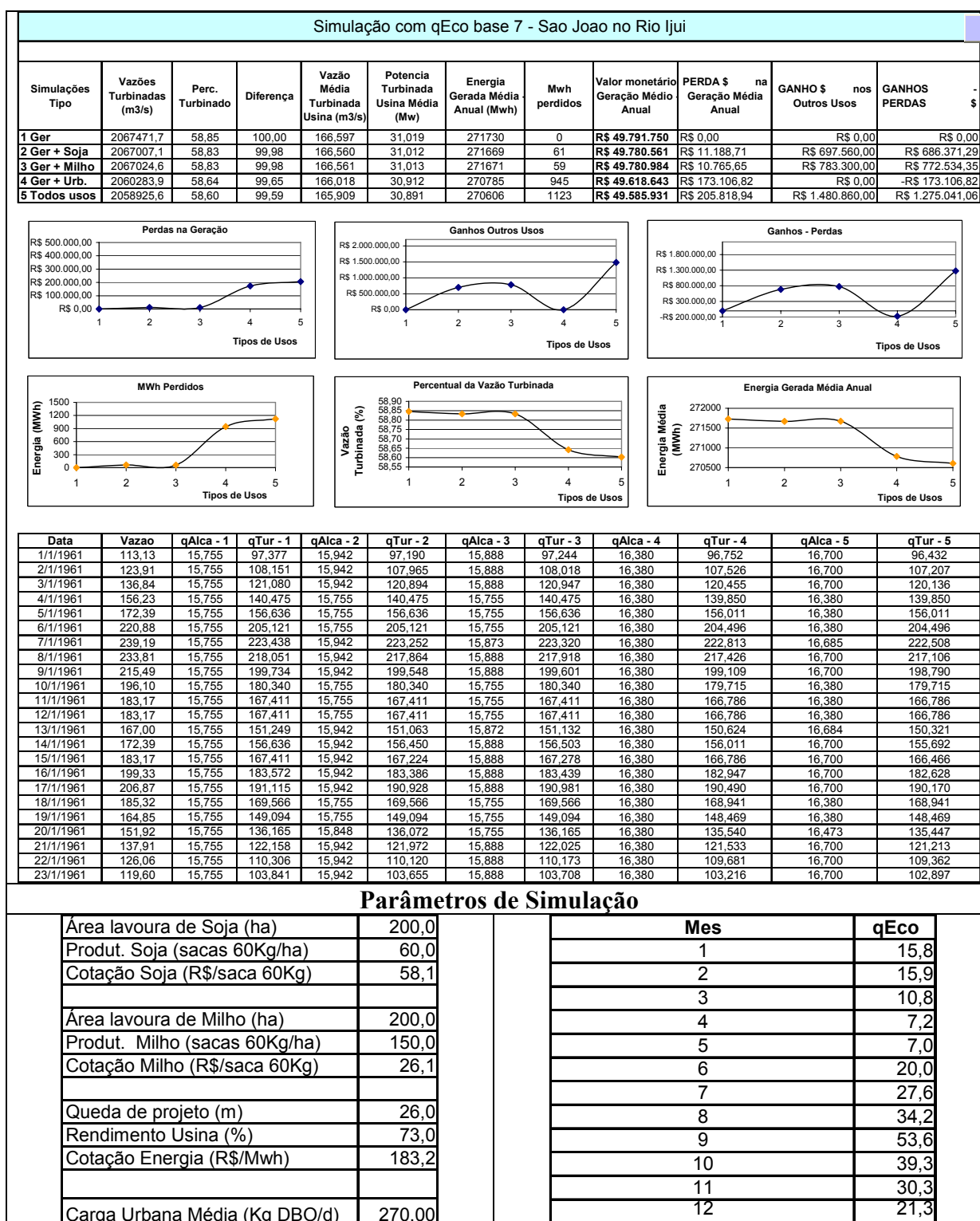
Cenário 4. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 11 m³/s.



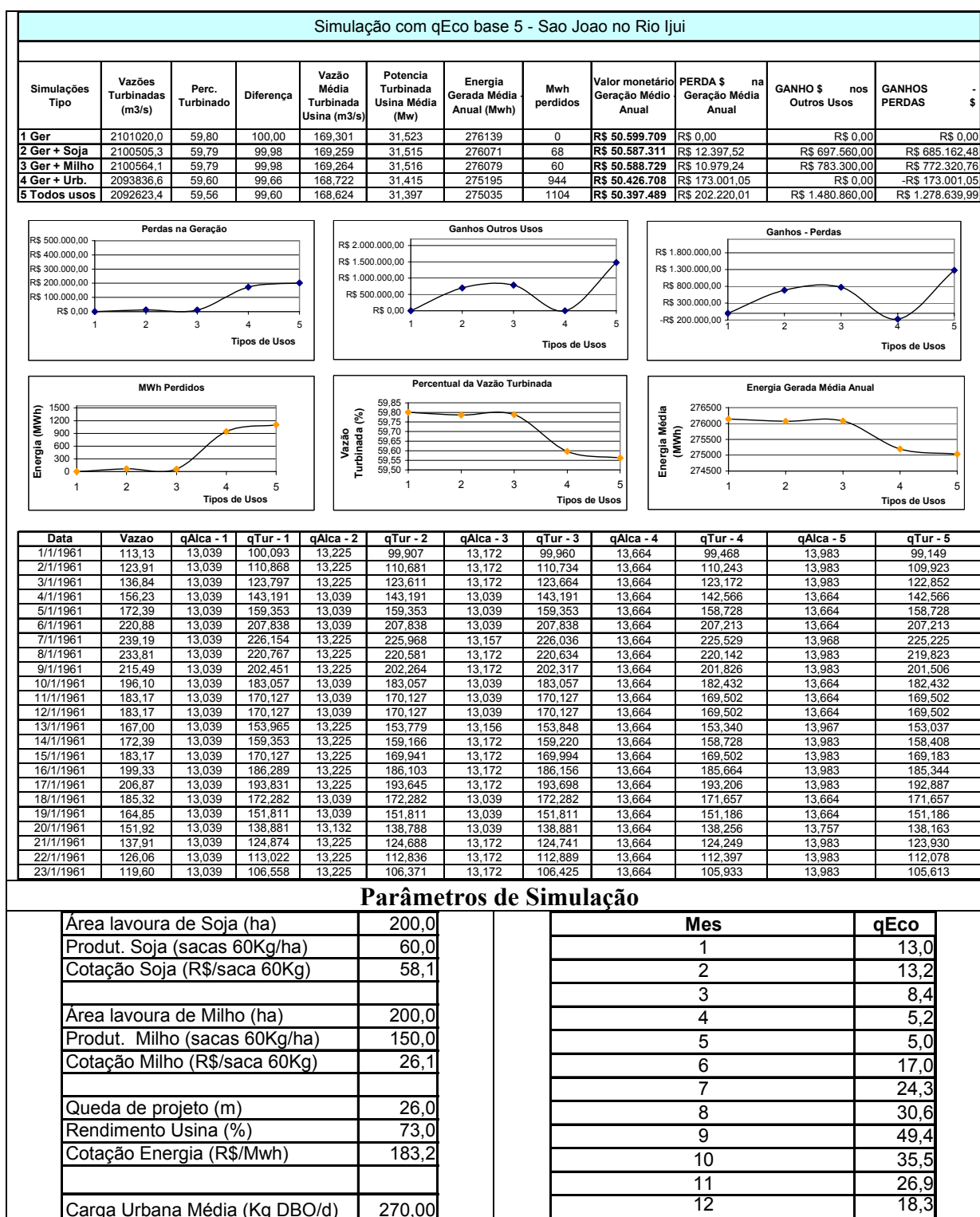
Cenário 5. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 9 m³/s.



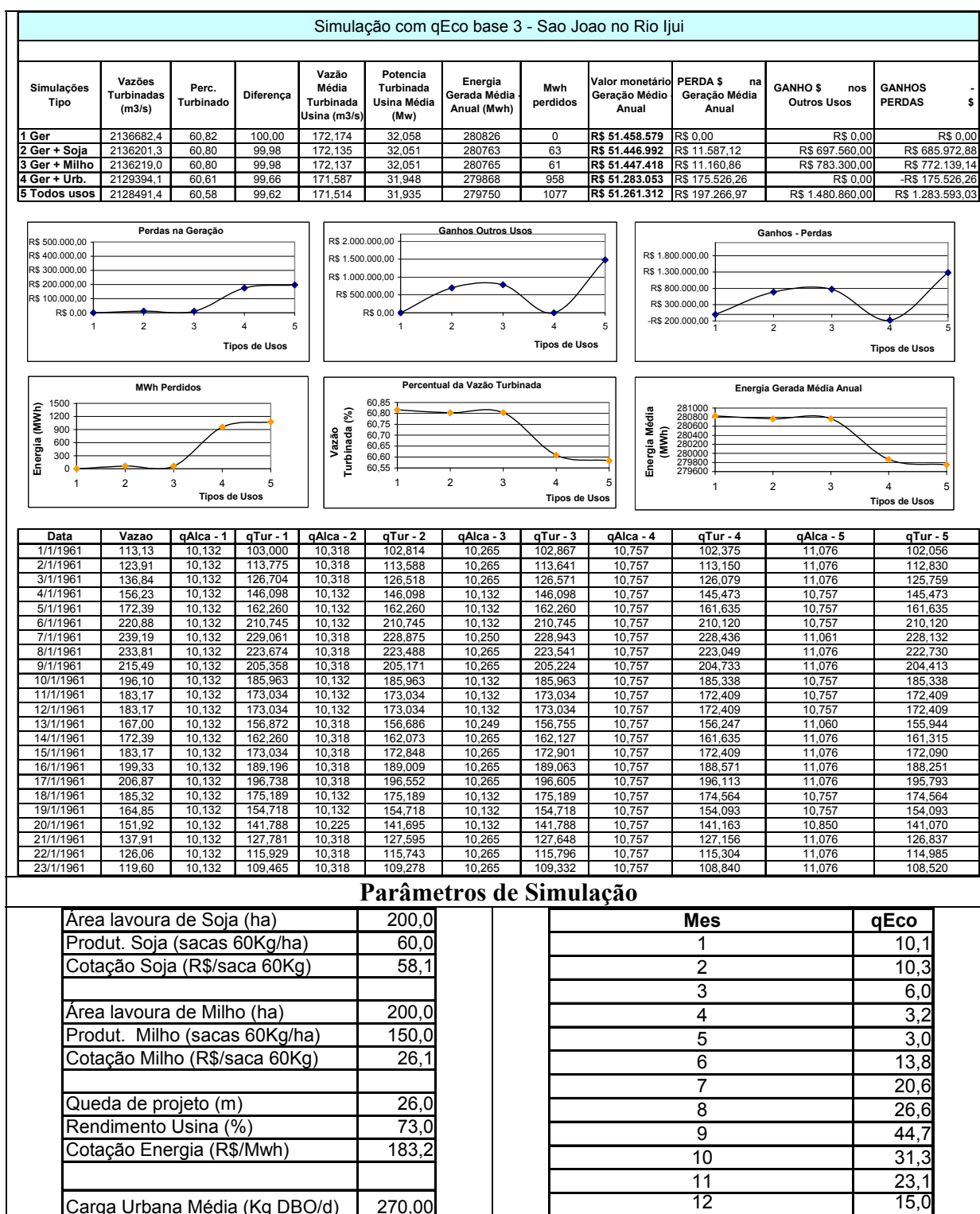
Cenário 6. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 7 m³/s.



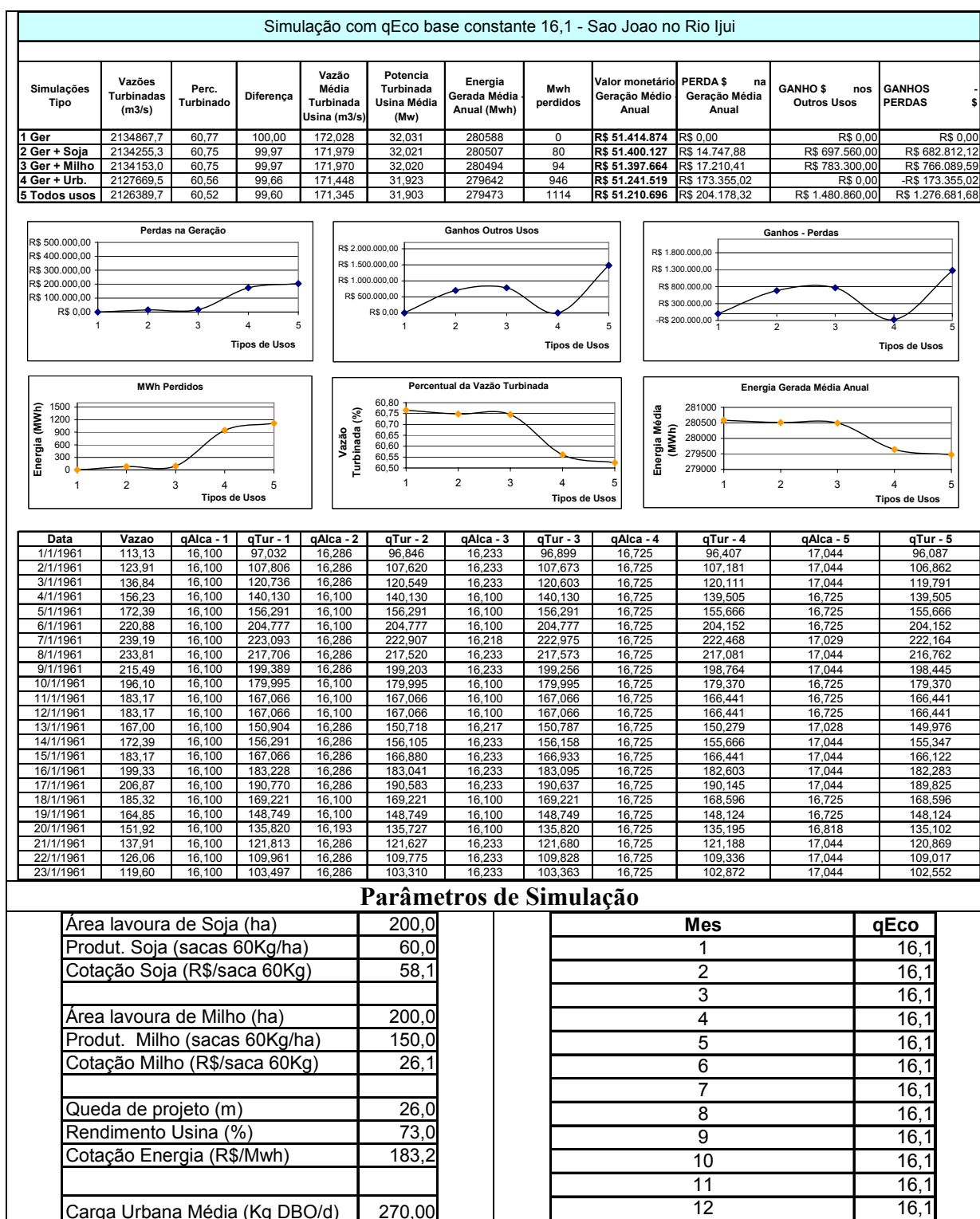
Cenário 7. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 5 m³/s.



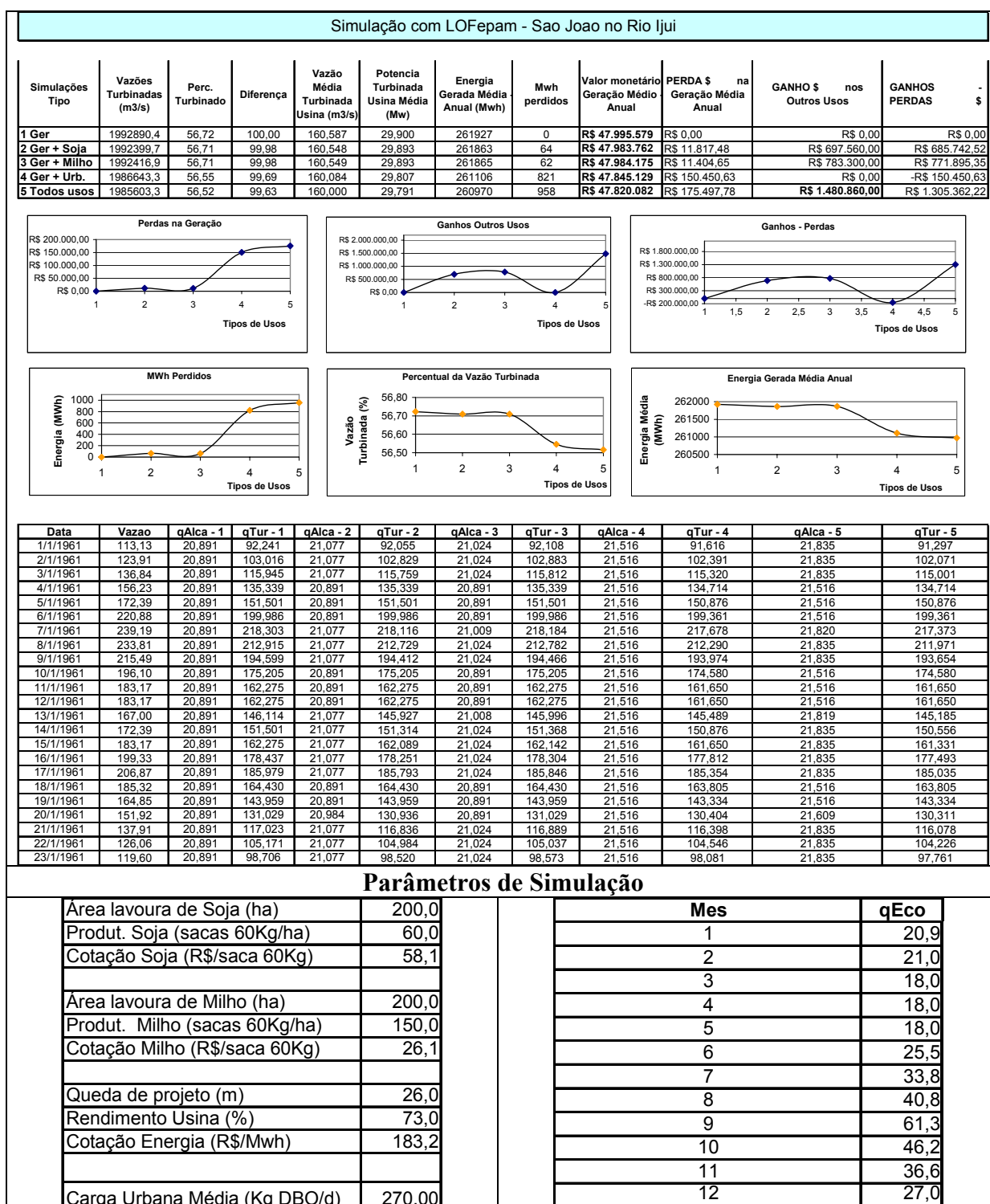
Cenário 8. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 3 m³/s.



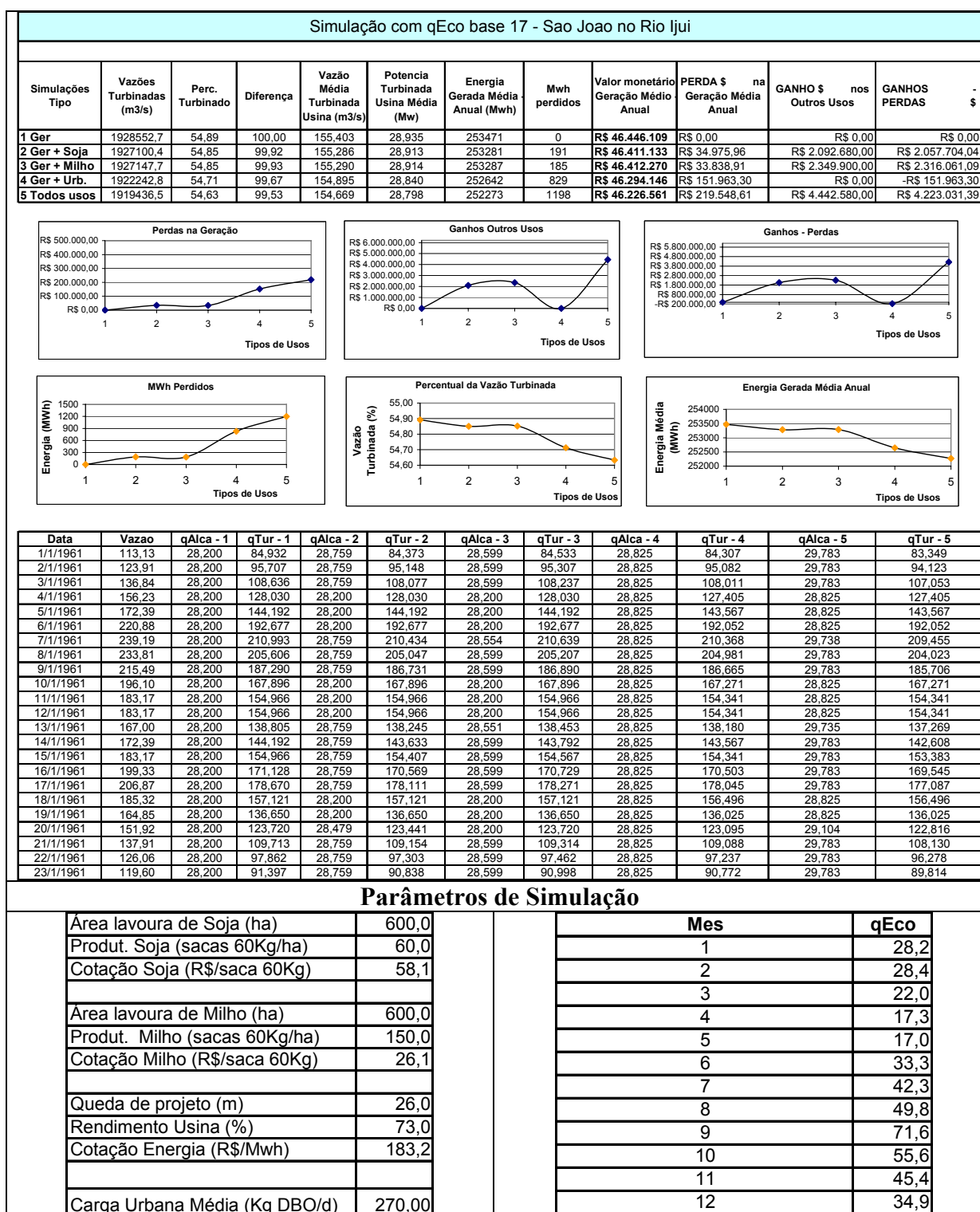
Cenário 9. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco 16,1 m³/s.



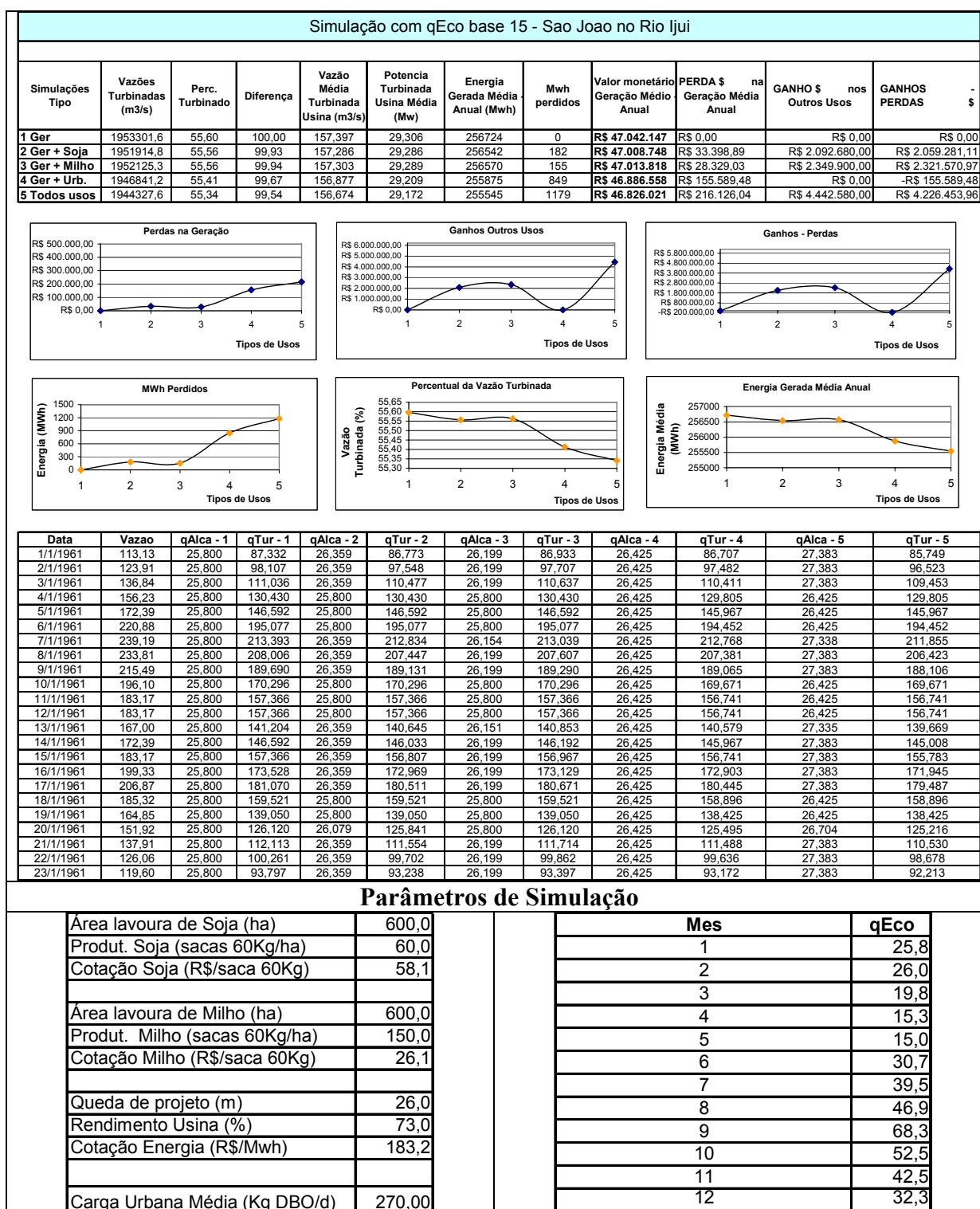
Cenário 10. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco LO Fepam (m³/s).



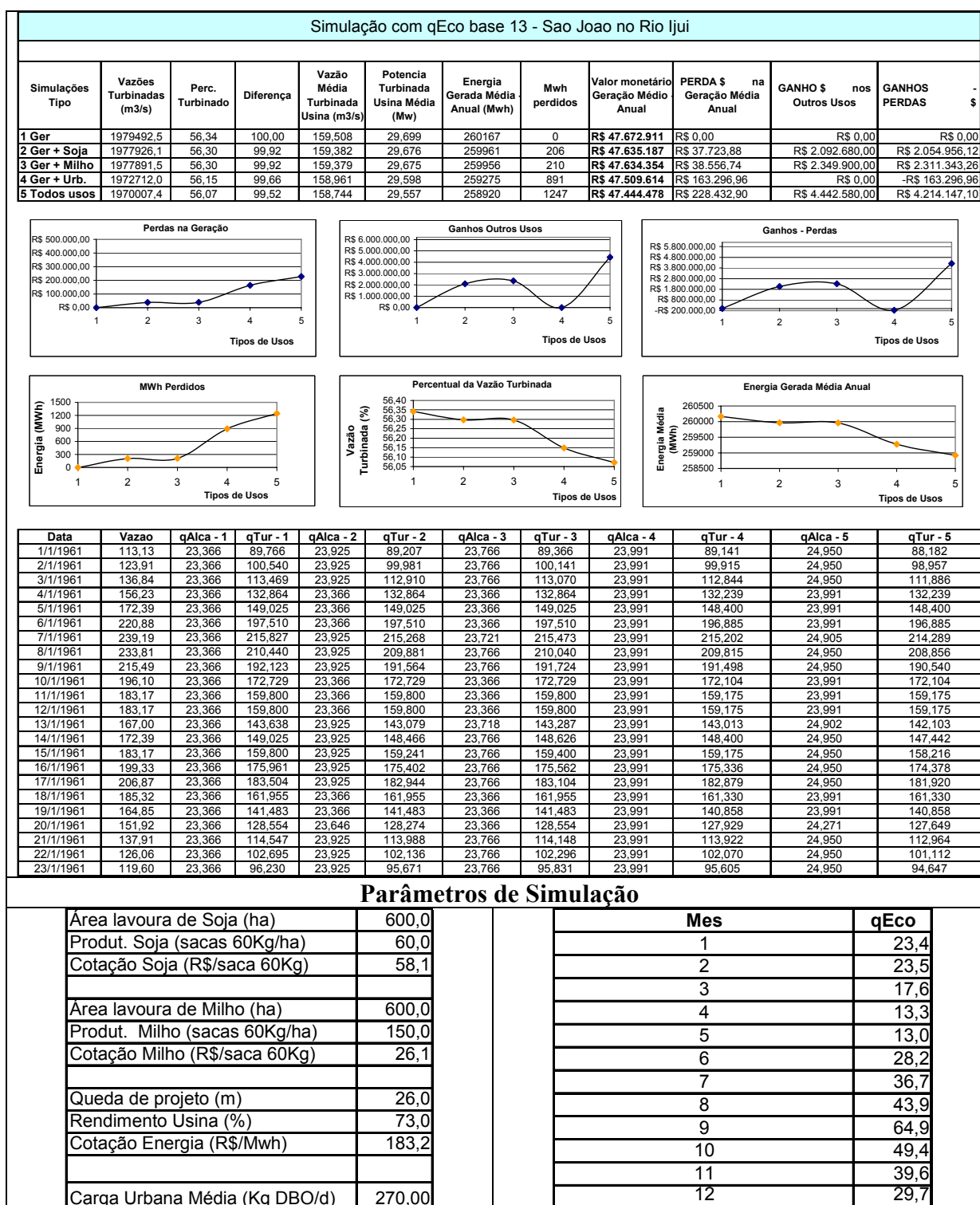
Cenário 11. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 17 m³/s.



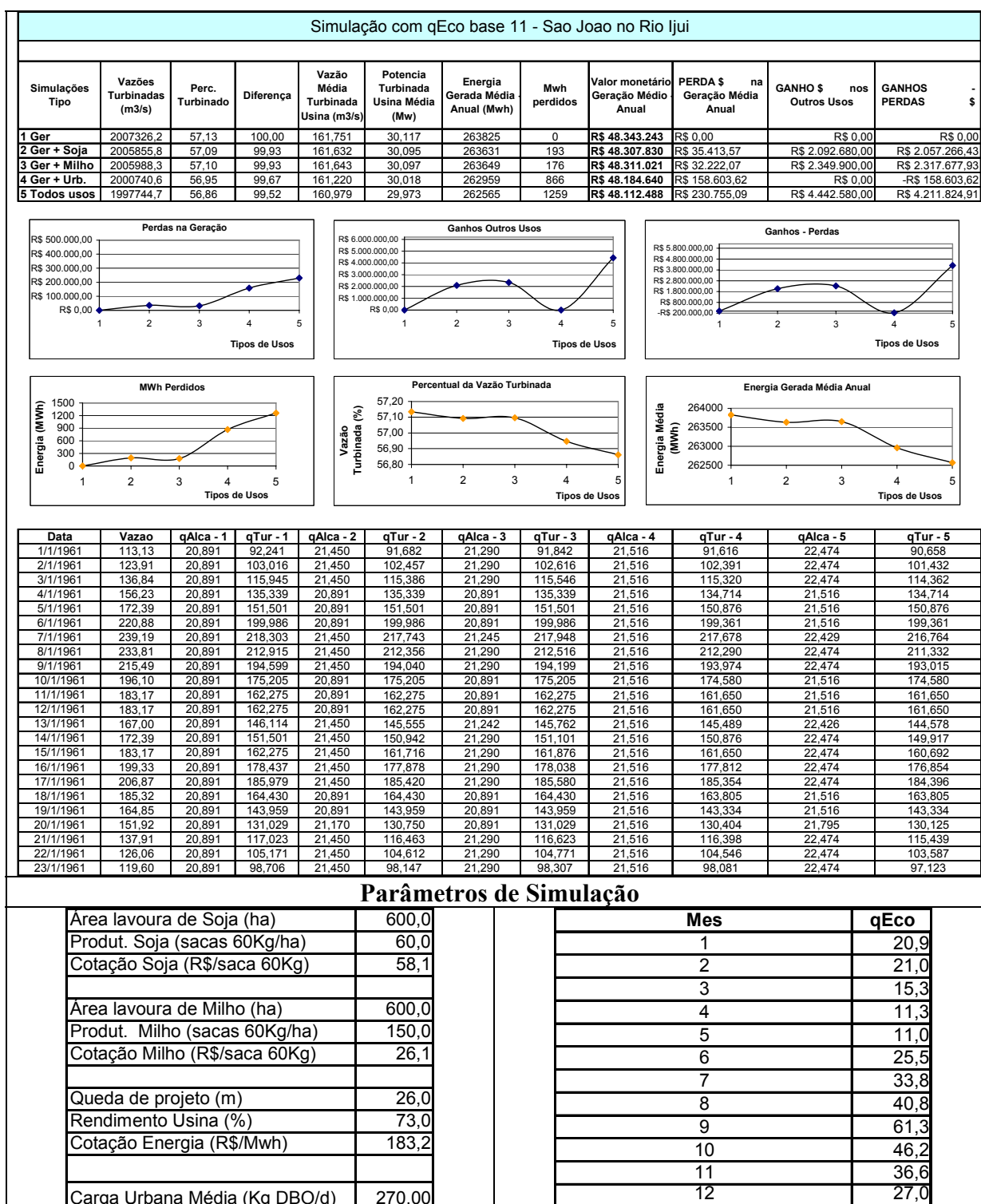
Cenário 12. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 15 m³/s.



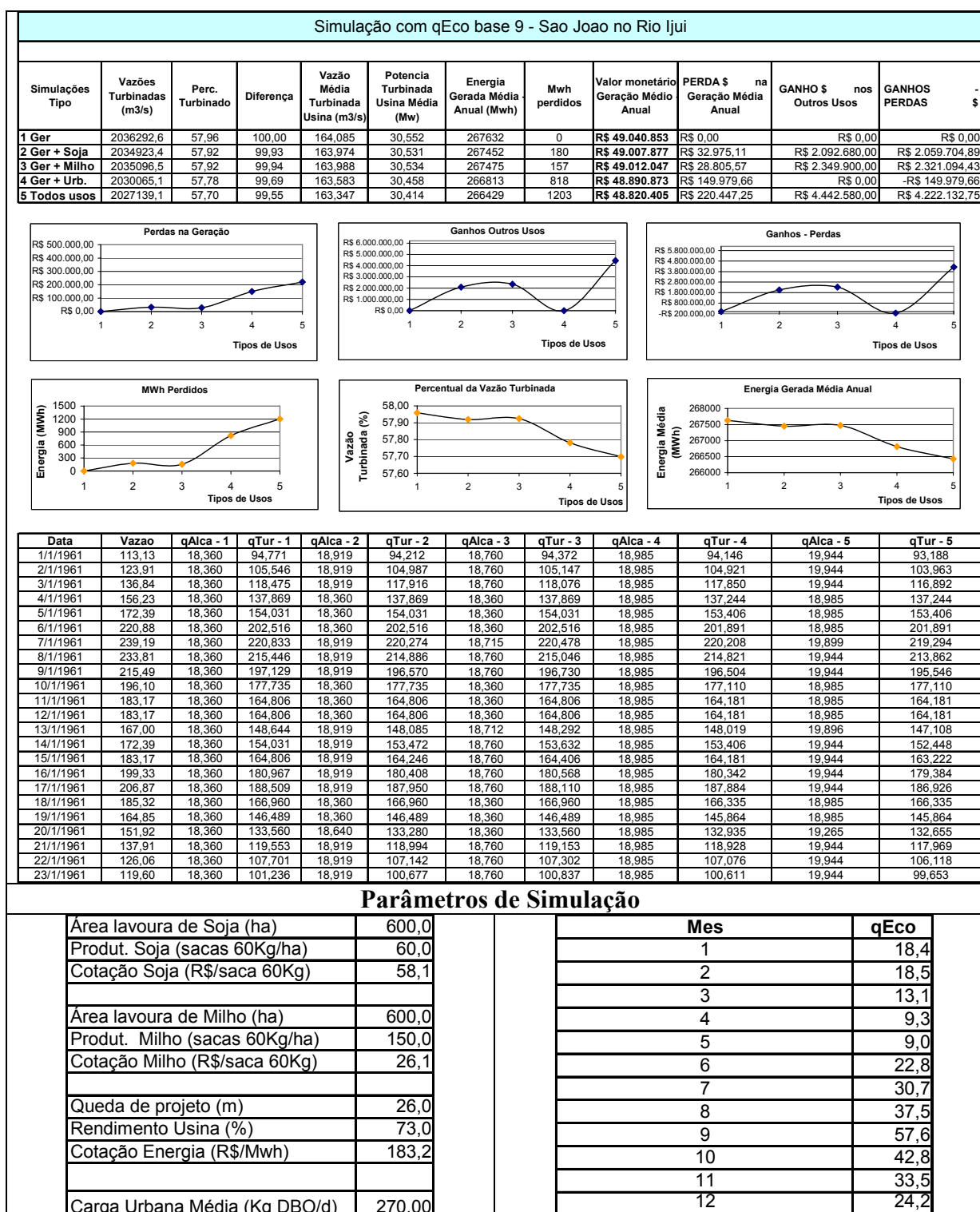
Cenário 13. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 13 m³/s.



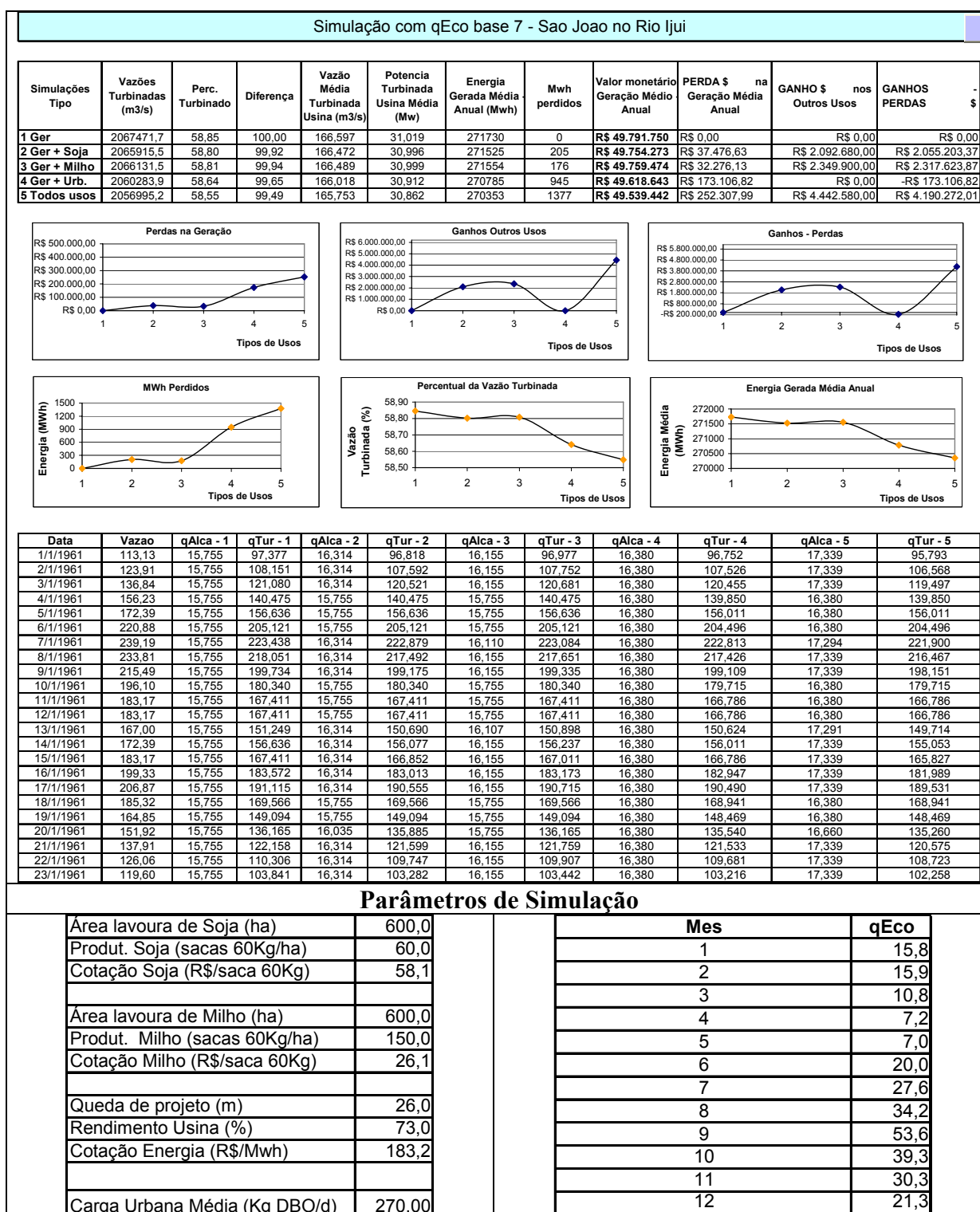
Cenário 14. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 11 m³/s.



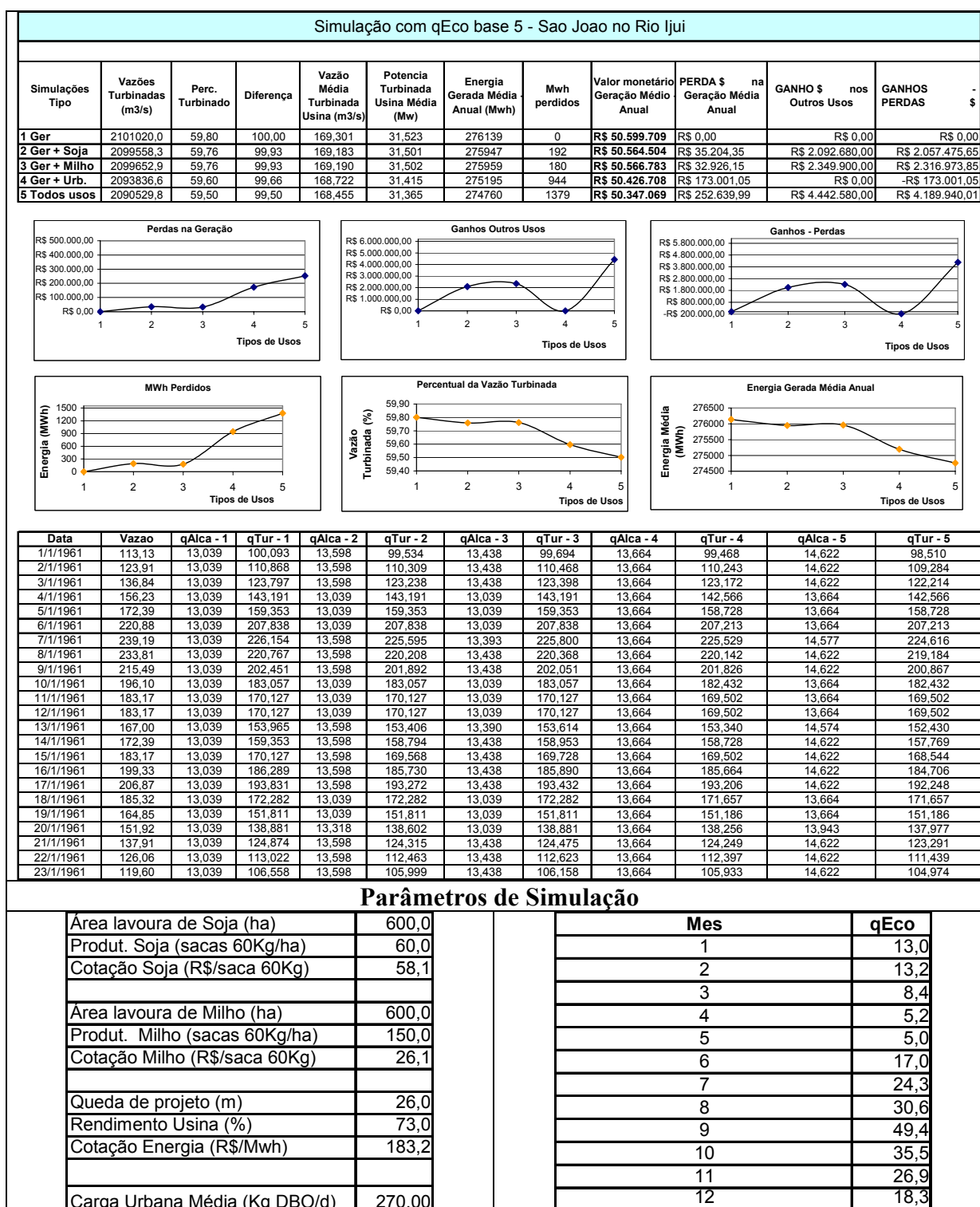
Cenário 15. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 9 m³/s.



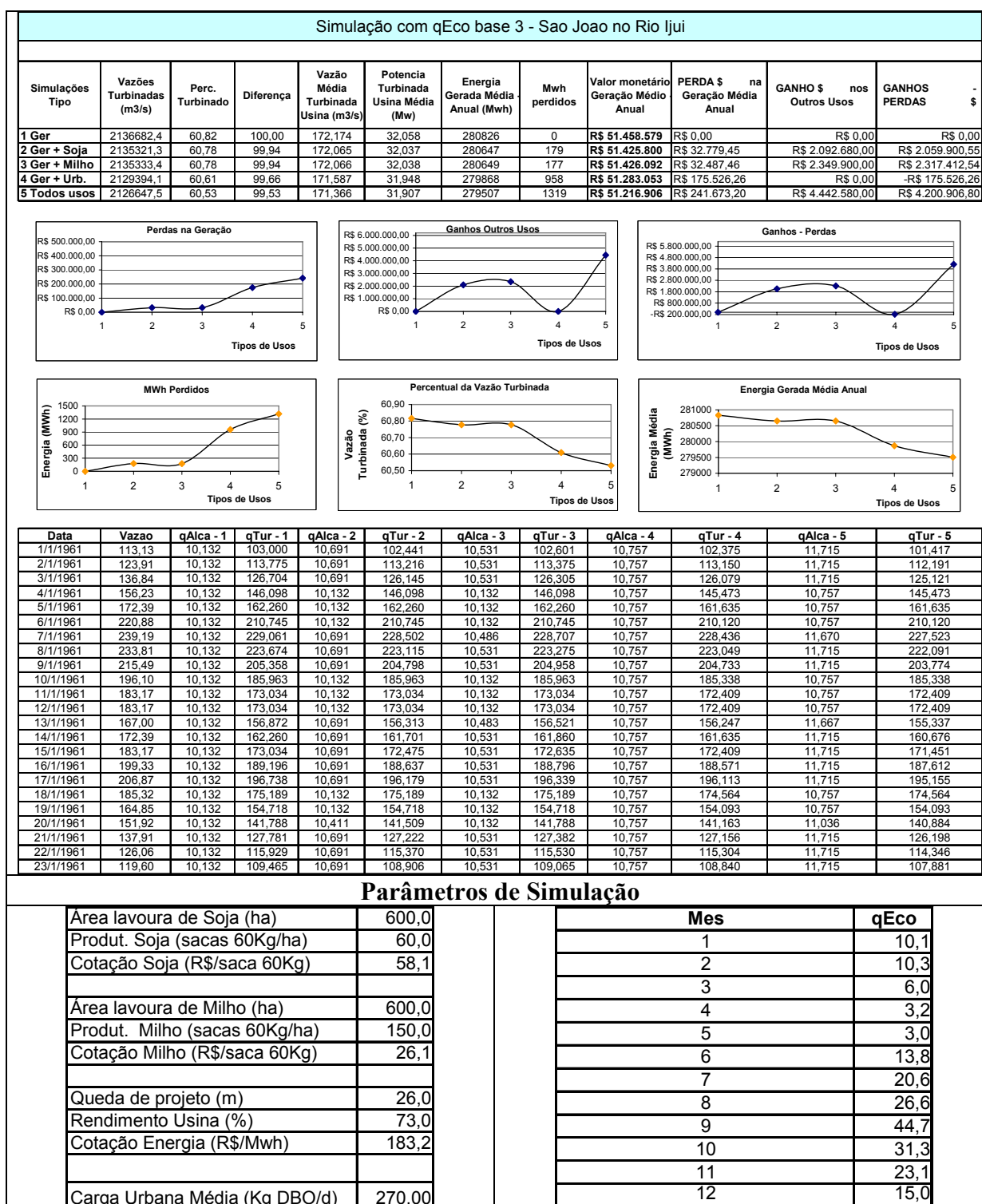
Cenário 16. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 7 m³/s.



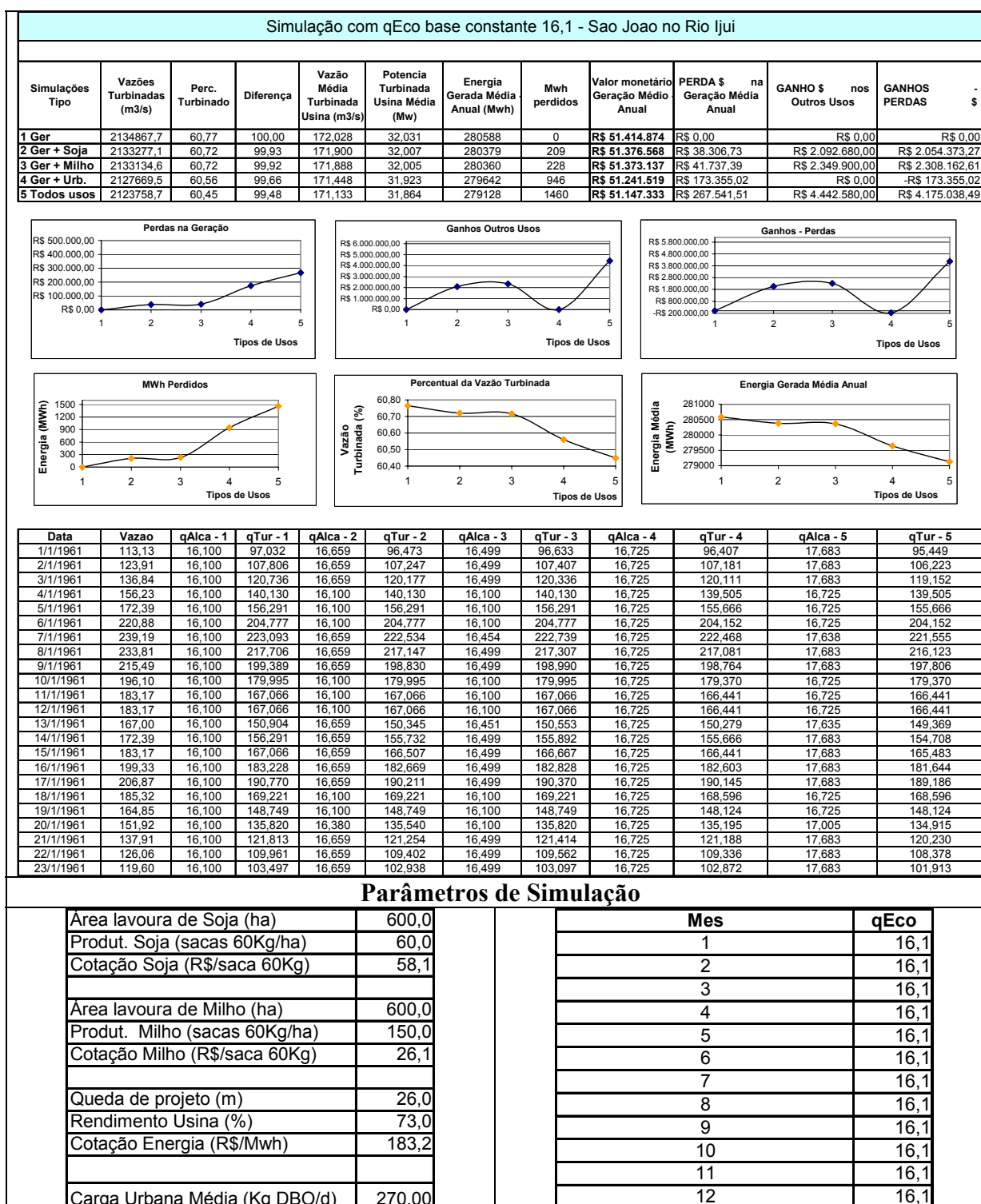
Cenário 17. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 5 m³/s.



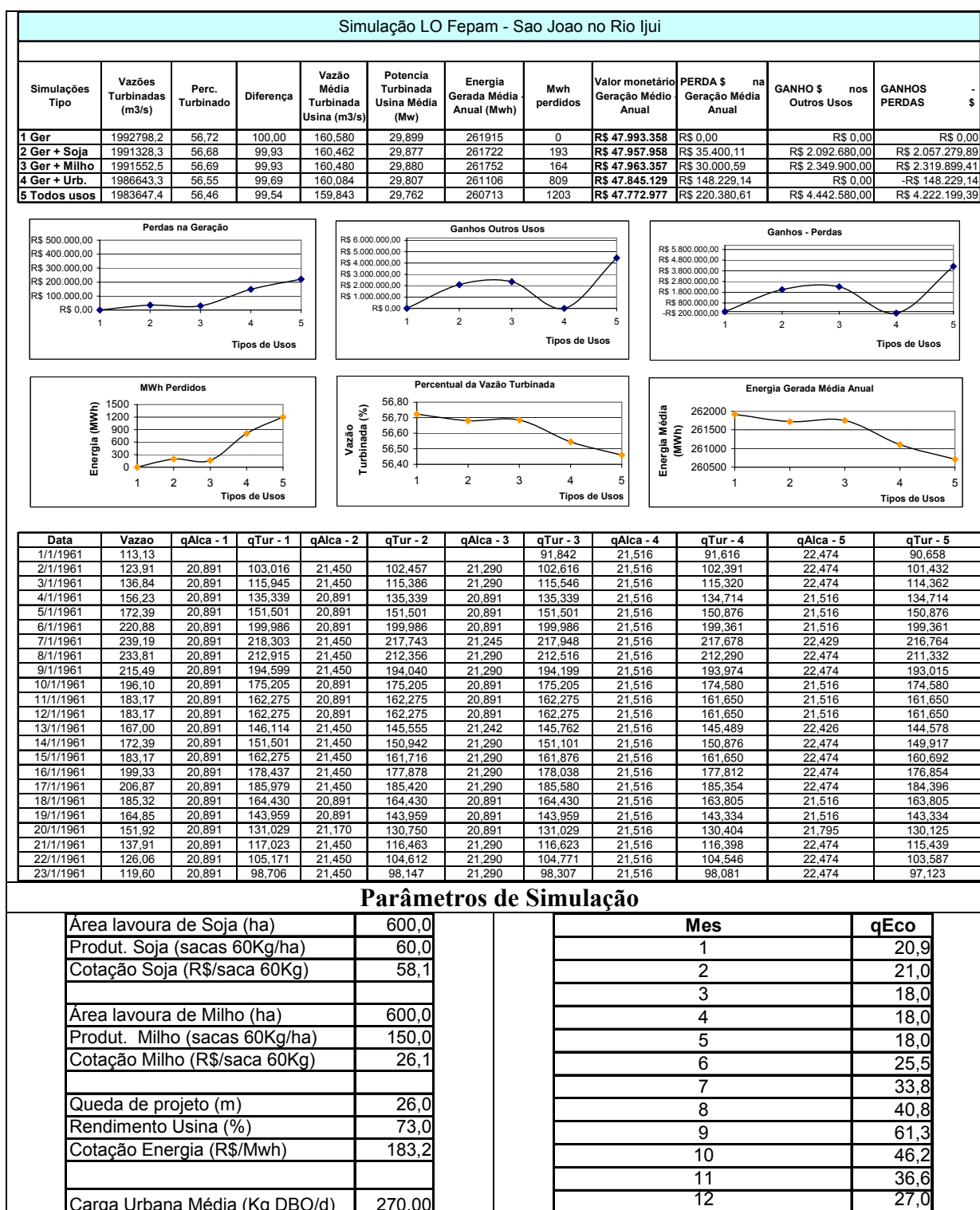
Cenário 18. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 3 m³/s.



Cenário 19. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 16,1 m³/s.

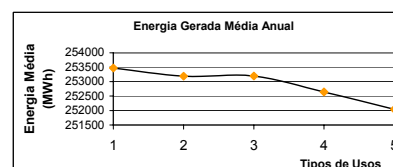
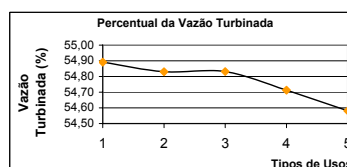
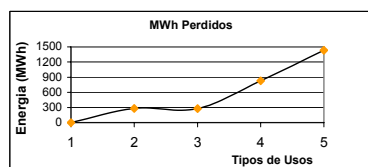
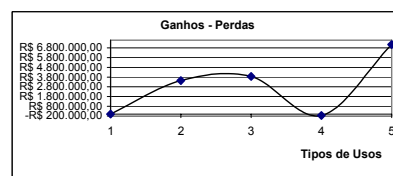
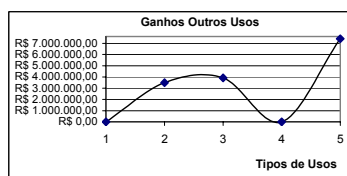
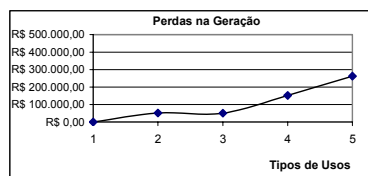


Cenário 20. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco LO Fepam (m³/s).



Cenário 21. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 17 m³/s.

Simulação com qEco base 17 - Sao Joao no Rio Ijuí											
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m3/s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m3/s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS PERDAS - \$
1 Ger	1928552,7	54,89	100,00	155,403	28,935	253471	0	R\$ 46.446.109	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2 Ger + Soja	1926406,4	54,83	99,89	155,230	28,903	253189	282	R\$ 46.394.420	R\$ 51.689,65	R\$ 3.487.800,00	R\$ 3.436.110,35
3 Ger + Milho	1926443,8	54,83	99,89	155,233	28,903	253194	277	R\$ 46.395.320	R\$ 50.789,43	R\$ 3.916.500,00	R\$ 3.865.710,57
4 Ger + Urb.	1922242,8	54,71	99,67	154,895	28,840	252642	829	R\$ 46.294.146	R\$ 151.963,30	R\$ 0,00	-R\$ 151.963,30
5 Todos usos	1917644,3	54,58	99,43	154,524	28,771	252038	1434	R\$ 46.183.396	R\$ 262.712,99	R\$ 7.404.300,00	R\$ 7.141.587,01

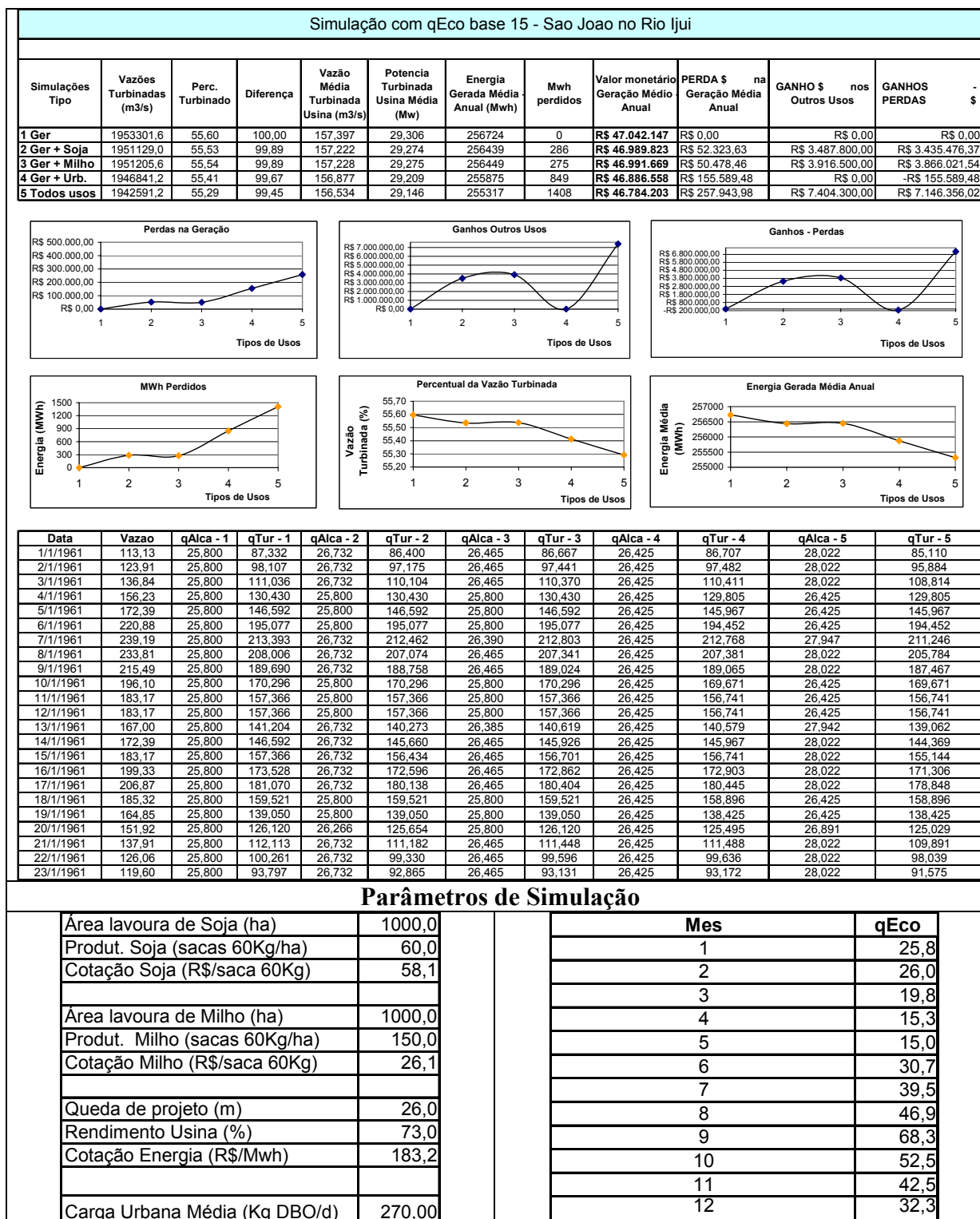


Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	28,200	84,932	29,131	84,000	28,865	84,267	28,825	84,307	30,422	82,710
2/1/1961	123,91	28,200	95,707	29,131	94,775	28,865	95,041	28,825	95,082	30,422	93,484
3/1/1961	136,84	28,200	108,636	29,131	107,704	28,865	107,971	28,825	108,011	30,422	106,414
4/1/1961	156,23	28,200	128,030	28,200	128,030	28,200	128,030	28,825	127,405	28,825	127,405
5/1/1961	172,39	28,200	144,192	28,200	144,192	28,200	144,192	28,825	143,567	28,825	143,567
6/1/1961	220,88	28,200	192,677	28,200	192,677	28,200	192,677	28,825	192,052	28,825	192,052
7/1/1961	239,19	28,200	210,993	29,131	210,062	28,790	210,403	28,825	210,368	30,347	208,846
8/1/1961	233,81	28,200	205,606	29,131	204,675	28,865	204,941	28,825	204,981	30,422	203,384
9/1/1961	215,49	28,200	187,290	29,131	186,358	28,865	186,624	28,825	186,665	30,422	185,067
10/1/1961	196,10	28,200	167,896	28,200	167,896	28,200	167,896	28,825	167,271	28,825	167,271
11/1/1961	183,17	28,200	154,966	28,200	154,966	28,200	154,966	28,825	154,341	28,825	154,341
12/1/1961	183,17	28,200	154,966	28,200	154,966	28,200	154,966	28,825	154,341	28,825	154,341
13/1/1961	167,00	28,200	138,805	29,131	137,873	28,785	138,219	28,825	138,180	30,342	136,662
14/1/1961	172,39	28,200	144,192	29,131	143,260	28,865	143,526	28,825	143,567	30,422	141,970
15/1/1961	183,17	28,200	154,966	29,131	154,035	28,865	154,301	28,825	154,341	30,422	152,744
16/1/1961	199,33	28,200	171,128	29,131	170,196	28,865	170,462	28,825	170,503	30,422	168,906
17/1/1961	206,87	28,200	178,670	29,131	177,738	28,865	178,005	28,825	178,045	30,422	176,448
18/1/1961	185,32	28,200	157,121	28,200	157,121	28,200	157,121	28,825	156,496	28,825	156,496
19/1/1961	164,85	28,200	136,650	28,200	136,650	28,200	136,650	28,825	136,025	28,825	136,025
20/1/1961	151,92	28,200	123,720	28,666	123,254	28,200	123,720	28,825	123,095	29,291	122,629
21/1/1961	137,91	28,200	109,713	29,131	108,782	28,865	109,048	28,825	109,088	30,422	107,491
22/1/1961	126,06	28,200	97,862	29,131	96,930	28,865	97,196	28,825	97,237	30,422	95,639
23/1/1961	119,60	28,200	91,397	29,131	90,465	28,865	90,731	28,825	90,772	30,422	89,175

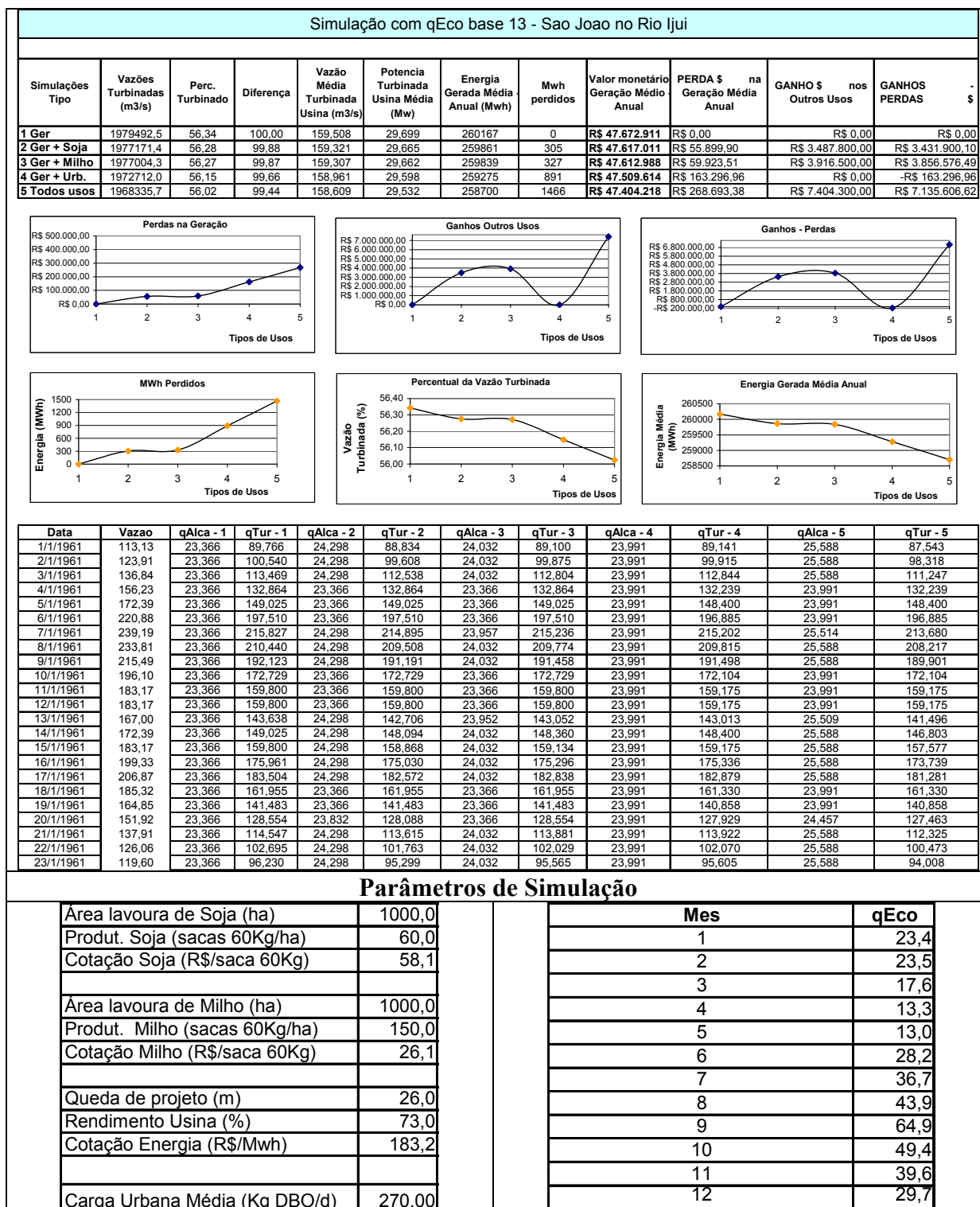
Parâmetros de Simulação

Área lavoura de Soja (ha)	1000,0	Mes	qEco
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0		
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1	1	28,2
		2	28,4
		3	22,0
Área lavoura de Milho (ha)	1000,0	4	17,3
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0	5	17,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1	6	33,3
		7	42,3
Queda de projeto (m)	26,0	8	49,8
Rendimento Usina (%)	73,0	9	71,6
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2	10	55,6
		11	45,4
		12	34,9
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	270,00		

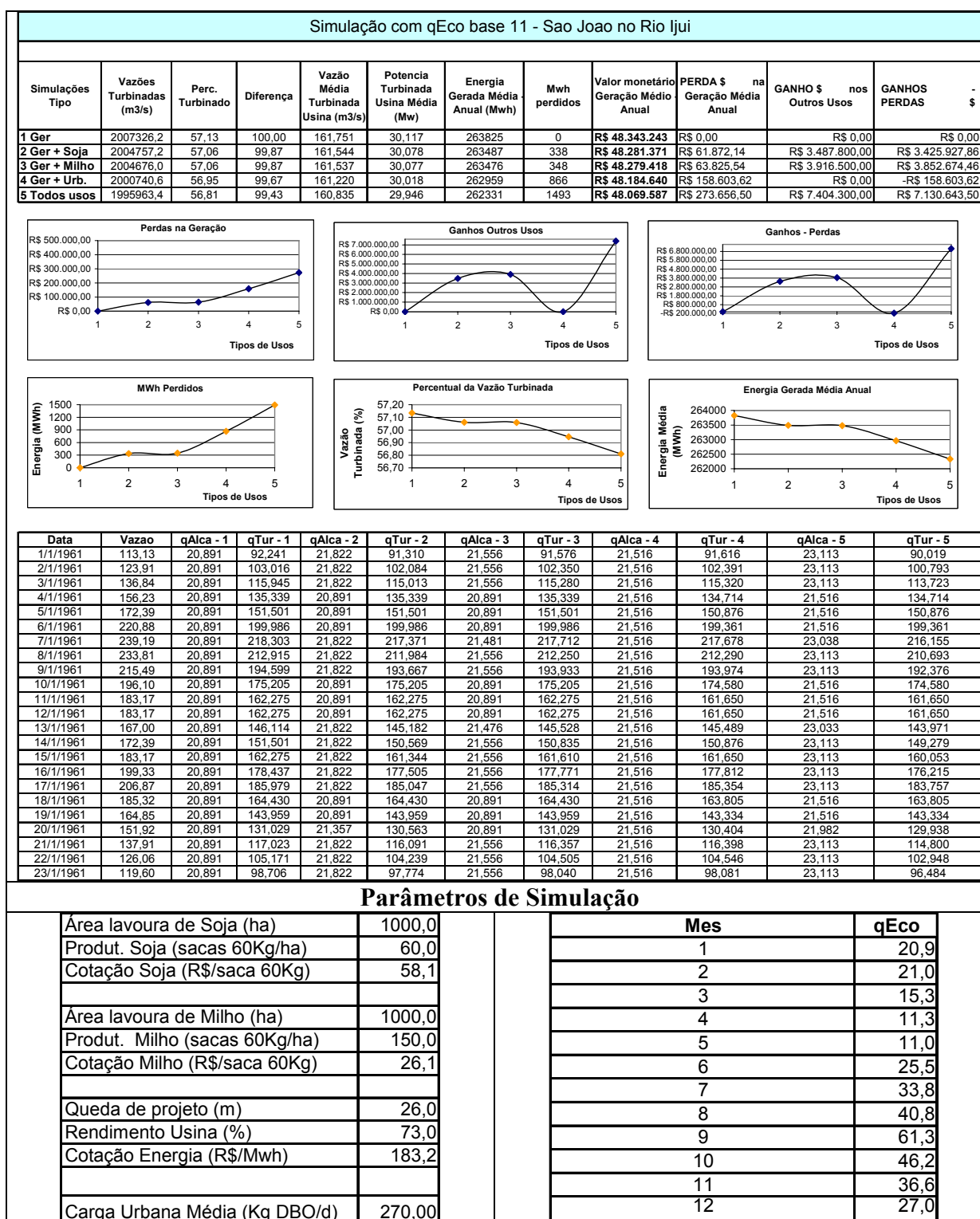
Cenário 22. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 15 m³/s.



Cenário 23. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 13 m³/s.



Cenário 24. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 11 m³/s.



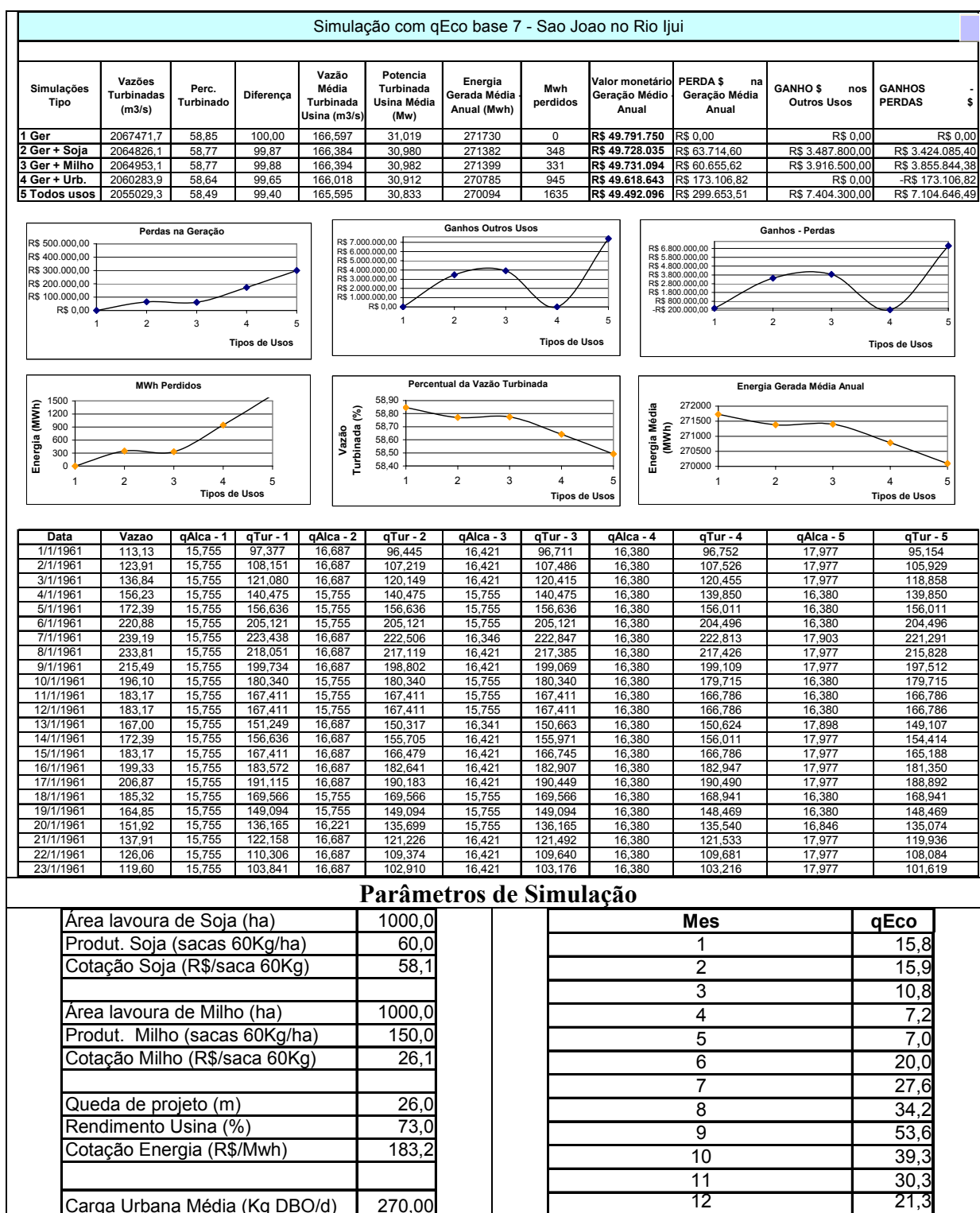
Cenário 25. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 9 m³/s.

Simulação com qEco base 9 - Sao Joao no Rio Ijuí												
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m3/s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m3/s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS PERDAS - \$	
1 Ger	2036292,6	57,96	100,00	164,085	30,552	267632	0	R\$ 49.040.853	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
2 Ger + Soja	2034134,6	57,90	99,89	163,911	30,519	267348	284	R\$ 48.988.879	R\$ 51.973,05	R\$ 3.487.800,00	R\$ 3.435.826,95	
3 Ger + Milho	2034217,7	57,90	99,90	163,918	30,520	267359	273	R\$ 48.990.880	R\$ 49.972,39	R\$ 3.916.500,00	R\$ 3.866.527,61	
4 Ger + Urb.	2030065,1	57,78	99,69	163,583	30,458	266813	818	R\$ 48.890.873	R\$ 149.979,66	R\$ 0,00	-R\$ 149.979,66	
5 Todos usos	2025035,7	57,64	99,45	163,178	30,383	266152	1480	R\$ 48.769.748	R\$ 271.104,54	R\$ 7.404.300,00	R\$ 7.133.195,46	

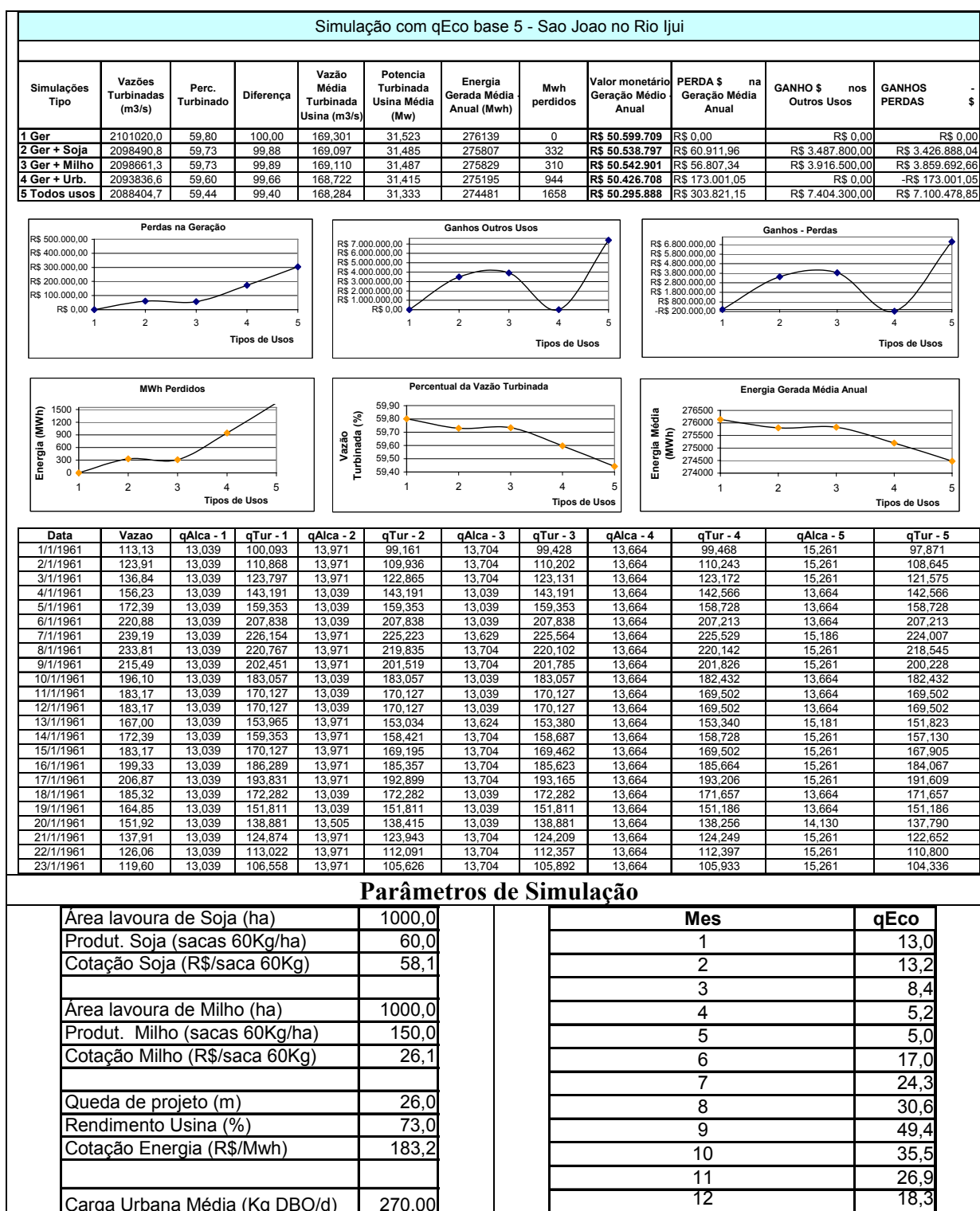
Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	18,360	94,771	19,292	93,840	19,026	94,106	18,985	94,146	20,583	92,549
2/1/1961	123,91	18,360	105,546	19,292	104,614	19,026	104,880	18,985	104,921	20,583	103,324
3/1/1961	136,84	18,360	118,475	19,292	117,544	19,026	117,810	18,985	117,850	20,583	116,253
4/1/1961	156,23	18,360	137,869	18,360	137,869	18,360	137,869	18,985	137,244	18,985	137,244
5/1/1961	172,39	18,360	154,031	18,360	154,031	18,360	154,031	18,985	153,406	18,985	153,406
6/1/1961	220,88	18,360	202,516	18,360	202,516	18,360	202,516	18,985	201,891	18,985	201,891
7/1/1961	239,19	18,360	220,833	19,292	219,901	18,951	220,242	18,985	220,208	20,508	218,685
8/1/1961	233,81	18,360	215,446	19,292	214,514	19,026	214,780	18,985	214,821	20,583	213,223
9/1/1961	215,49	18,360	197,129	19,292	196,197	19,026	196,463	18,985	196,504	20,583	194,907
10/1/1961	196,10	18,360	177,735	18,360	177,735	18,360	177,735	18,985	177,110	18,985	177,110
11/1/1961	183,17	18,360	164,806	18,360	164,806	18,360	164,806	18,985	164,181	18,985	164,181
12/1/1961	183,17	18,360	164,806	18,360	164,806	18,360	164,806	18,985	164,181	18,985	164,181
13/1/1961	167,00	18,360	148,644	19,292	147,712	18,946	148,058	18,985	148,019	20,503	146,501
14/1/1961	172,39	18,360	154,031	19,292	153,099	19,026	153,366	18,985	153,406	20,583	151,809
15/1/1961	183,17	18,360	164,806	19,292	163,874	19,026	164,140	18,985	164,181	20,583	162,583
16/1/1961	199,33	18,360	180,967	19,292	180,036	19,026	180,302	18,985	180,342	20,583	178,745
17/1/1961	206,87	18,360	188,509	19,292	187,578	19,026	187,844	18,985	187,884	20,583	186,287
18/1/1961	185,32	18,360	166,960	18,360	166,960	18,360	166,960	18,985	166,335	18,985	166,335
19/1/1961	164,85	18,360	146,489	18,360	146,489	18,360	146,489	18,985	145,864	18,985	145,864
20/1/1961	151,92	18,360	133,560	18,826	133,094	18,360	133,560	18,985	132,935	19,451	132,469
21/1/1961	137,91	18,360	119,553	19,292	118,621	19,026	118,887	18,985	118,928	20,583	117,331
22/1/1961	126,06	18,360	107,701	19,292	106,769	19,026	107,035	18,985	107,076	20,583	105,479
23/1/1961	119,60	18,360	101,236	19,292	100,304	19,026	100,571	18,985	100,611	20,583	99,014

Parâmetros de Simulação		
	Mes	qEco
Área lavoura de Soja (ha)		1000,0
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	1	18,4
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	2	18,5
	3	13,1
Área lavoura de Milho (ha)	4	9,3
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	5	9,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	6	22,8
	7	30,7
Queda de projeto (m)	8	37,5
Rendimento Usina (%)	9	57,6
Cotação Energia (R\$/Mwh)	10	42,8
	11	33,5
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	12	24,2

Cenário 26. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 7 m³/s.



Cenário 27. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 5 m³/s.



Cenário 28. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 3 m³/s.

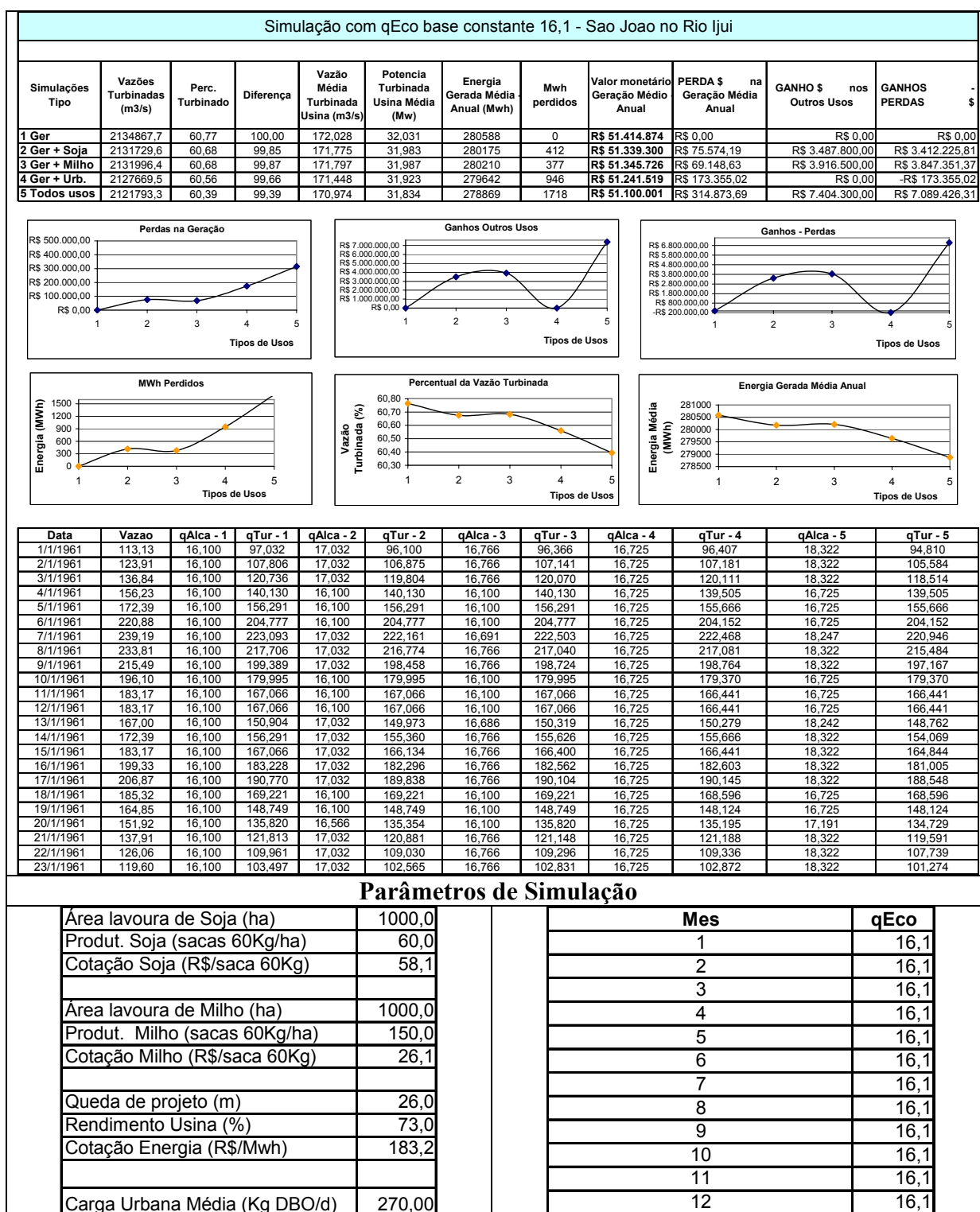
Simulação com qEco base 3 - Sao Joao no Rio Ijuí												
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m ³ /s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m ³ /s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Média Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS PERDAS - \$	
1 Ger	2136682,4	60,82	100,00	172,174	32,058	280826	0	R\$ 51.458.579	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	
2 Ger + Soja	2134318,7	60,75	99,89	171,984	32,022	280515	311	R\$ 51.401.653	R\$ 56.926,35	R\$ 3.487.800,00	R\$ 3.430.873,65	
3 Ger + Milho	2134406,9	60,75	99,89	171,991	32,024	280527	299	R\$ 51.403.778	R\$ 54.800,95	R\$ 3.916.500,00	R\$ 3.861.699,05	
4 Ger + Urb.	2129394,1	60,61	99,66	171,587	31,948	279868	958	R\$ 51.283.053	R\$ 175.526,26	R\$ 0,00	-R\$ 175.526,26	
5 Todos usos	2124441,6	60,47	99,43	171,188	31,874	279217	1609	R\$ 51.163.780	R\$ 294.799,04	R\$ 7.404.300,00	R\$ 7.109.500,96	

Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	10,132	103,000	11,064	102,068	10,797	102,335	10,757	102,375	12,354	100,778
2/1/1961	123,91	10,132	113,775	11,064	112,843	10,797	113,109	10,757	113,150	12,354	111,552
3/1/1961	136,84	10,132	126,704	11,064	125,772	10,797	126,038	10,757	126,079	12,354	124,482
4/1/1961	156,23	10,132	146,098	10,132	146,098	10,132	146,098	10,757	145,473	10,757	145,473
5/1/1961	172,39	10,132	162,260	10,132	162,260	10,132	162,260	10,757	161,635	10,757	161,635
6/1/1961	220,88	10,132	210,745	10,132	210,745	10,132	210,745	10,757	210,120	10,757	210,120
7/1/1961	239,19	10,132	229,061	11,064	228,130	10,722	228,471	10,757	228,436	12,279	226,914
8/1/1961	233,81	10,132	223,674	11,064	222,742	10,797	223,009	10,757	223,049	12,354	221,452
9/1/1961	215,49	10,132	205,358	11,064	204,426	10,797	204,692	10,757	204,733	12,354	203,135
10/1/1961	196,10	10,132	185,963	10,132	185,963	10,132	185,963	10,757	185,338	10,757	185,338
11/1/1961	183,17	10,132	173,034	10,132	173,034	10,132	173,034	10,757	172,409	10,757	172,409
12/1/1961	183,17	10,132	173,034	10,132	173,034	10,132	173,034	10,757	172,409	10,757	172,409
13/1/1961	167,00	10,132	156,872	11,064	155,941	10,718	156,287	10,757	156,247	12,274	154,730
14/1/1961	172,39	10,132	162,260	11,064	161,328	10,797	161,594	10,757	161,635	12,354	160,037
15/1/1961	183,17	10,132	173,034	11,064	172,102	10,797	172,369	10,757	172,409	12,354	170,812
16/1/1961	199,33	10,132	189,196	11,064	188,264	10,797	188,530	10,757	188,571	12,354	186,974
17/1/1961	206,87	10,132	196,738	11,064	195,806	10,797	196,072	10,757	196,113	12,354	194,516
18/1/1961	185,32	10,132	175,189	10,132	175,189	10,132	175,189	10,757	174,564	10,757	174,564
19/1/1961	164,85	10,132	154,718	10,132	154,718	10,132	154,718	10,757	154,093	10,757	154,093
20/1/1961	151,92	10,132	141,788	10,598	141,322	10,132	141,788	10,757	141,163	11,223	140,697
21/1/1961	137,91	10,132	127,781	11,064	126,850	10,797	127,116	10,757	127,156	12,354	125,559
22/1/1961	126,06	10,132	115,929	11,064	114,998	10,797	115,264	10,757	115,304	12,354	113,707
23/1/1961	119,80	10,132	109,465	11,064	108,533	10,797	108,799	10,757	108,840	12,354	107,243

Parâmetros de Simulação

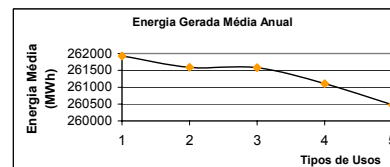
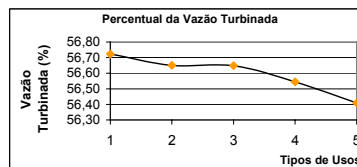
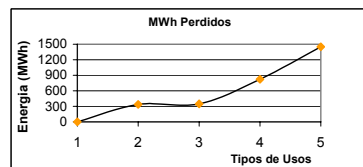
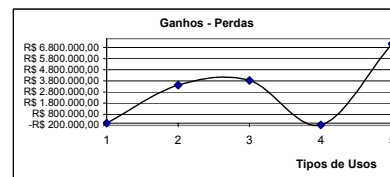
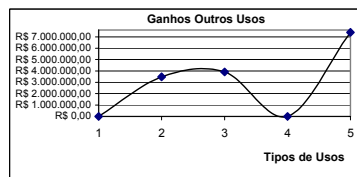
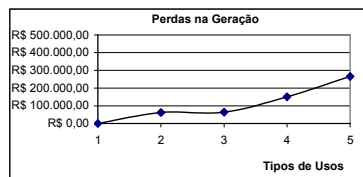
		Mes	qEco
Área lavoura de Soja (ha)	1000,0		
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0	1	10,1
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1	2	10,3
		3	6,0
Área lavoura de Milho (ha)	1000,0	4	3,2
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0	5	3,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1	6	13,8
		7	20,6
Queda de projeto (m)	26,0	8	26,6
Rendimento Usina (%)	73,0	9	44,7
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2	10	31,3
		11	23,1
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	270,00	12	15,0

Cenário 29. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco 16,1 m³/s.



Cenário 30. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 50% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco LO Fepam (m³/s).

Simulação LOFepam - Sao Joao no Rio Ijuí											
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m ³ /s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m ³ /s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS PERDAS - \$
1 Ger	1992890,4	56,72	100,00	160,587	29,900	261927	0	R\$ 47.995.579	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2 Ger + Soja	1990321,3	56,65	99,87	160,380	29,862	261590	338	R\$ 47.933.707	R\$ 61.872,14	R\$ 3.487.800,00	R\$ 3.425.927,86
3 Ger + Milho	1990240,2	56,65	99,87	160,374	29,861	261579	348	R\$ 47.931.754	R\$ 63.825,54	R\$ 3.916.500,00	R\$ 3.852.674,46
4 Ger + Urb.	1986643,3	56,55	99,69	160,084	29,807	261106	821	R\$ 47.845.129	R\$ 150.450,63	R\$ 0,00	-R\$ 150.450,63
5 Todos usos	1981866,1	56,41	99,45	159,699	29,735	260478	1449	R\$ 47.730.076	R\$ 265.503,51	R\$ 7.404.300,00	R\$ 7.138.796,49

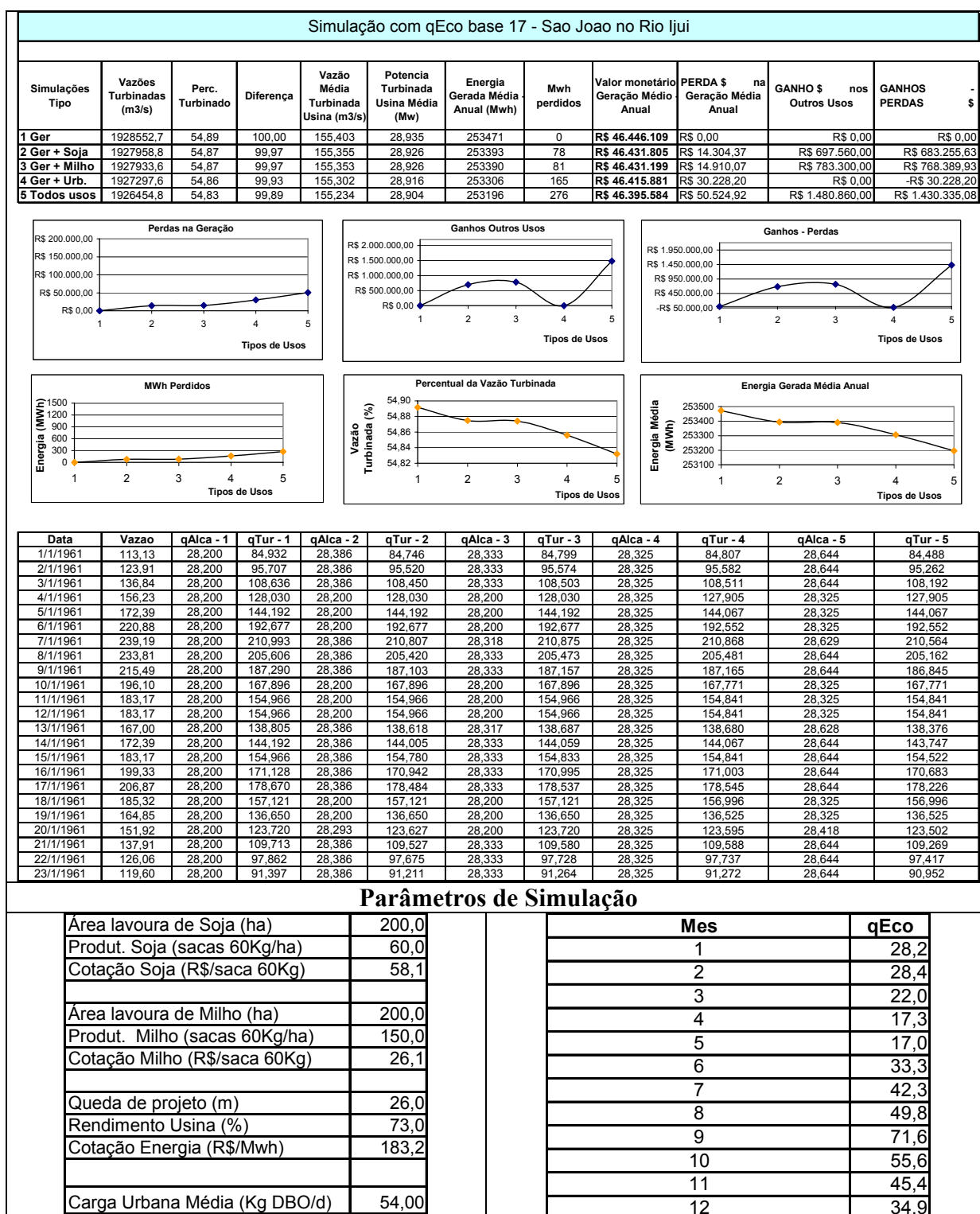


Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	20,891	92,241	21,822	91,310	21,556	91,576	21,516	91,616	23,113	90,019
2/1/1961	123,91	20,891	103,016	21,822	102,084	21,556	102,350	21,516	102,391	23,113	100,793
3/1/1961	136,84	20,891	115,945	21,822	115,013	21,556	115,280	21,516	115,320	23,113	113,723
4/1/1961	156,23	20,891	135,339	20,891	135,339	20,891	135,339	21,516	134,714	21,516	134,714
5/1/1961	172,39	20,891	151,501	20,891	151,501	20,891	151,501	21,516	150,876	21,516	150,876
6/1/1961	220,86	20,891	199,986	20,891	199,986	20,891	199,986	21,516	199,361	21,516	199,361
7/1/1961	239,19	20,891	218,303	21,822	217,371	21,481	217,712	21,516	217,678	23,038	216,155
8/1/1961	233,81	20,891	212,915	21,822	211,984	21,556	212,250	21,516	212,290	23,113	210,693
9/1/1961	215,49	20,891	194,599	21,822	193,667	21,556	193,933	21,516	193,974	23,113	192,376
10/1/1961	196,10	20,891	175,205	20,891	175,205	20,891	175,205	21,516	174,580	21,516	174,580
11/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	21,516	161,650	21,516	161,650
12/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	21,516	161,650	21,516	161,650
13/1/1961	167,00	20,891	146,114	21,822	145,182	21,476	145,528	21,516	145,489	23,033	143,971
14/1/1961	172,39	20,891	151,501	21,822	150,569	21,556	150,835	21,516	150,876	23,113	149,279
15/1/1961	183,17	20,891	162,275	21,822	161,344	21,556	161,610	21,516	161,650	23,113	160,053
16/1/1961	199,33	20,891	178,437	21,822	177,505	21,556	177,771	21,516	177,812	23,113	176,215
17/1/1961	206,87	20,891	185,979	21,822	185,047	21,556	185,314	21,516	185,354	23,113	183,757
18/1/1961	185,32	20,891	164,430	20,891	164,430	20,891	164,430	21,516	163,805	21,516	163,805
19/1/1961	164,85	20,891	143,959	20,891	143,959	20,891	143,959	21,516	143,334	21,516	143,334
20/1/1961	151,92	20,891	131,029	21,357	130,563	20,891	131,029	21,516	130,404	21,982	129,938
21/1/1961	137,91	20,891	117,023	21,822	116,091	21,556	116,357	21,516	116,398	23,113	114,800
22/1/1961	126,06	20,891	105,171	21,822	104,239	21,556	104,505	21,516	104,546	23,113	102,948
23/1/1961	119,60	20,891	98,706	21,822	97,774	21,556	98,040	21,516	98,081	23,113	96,484

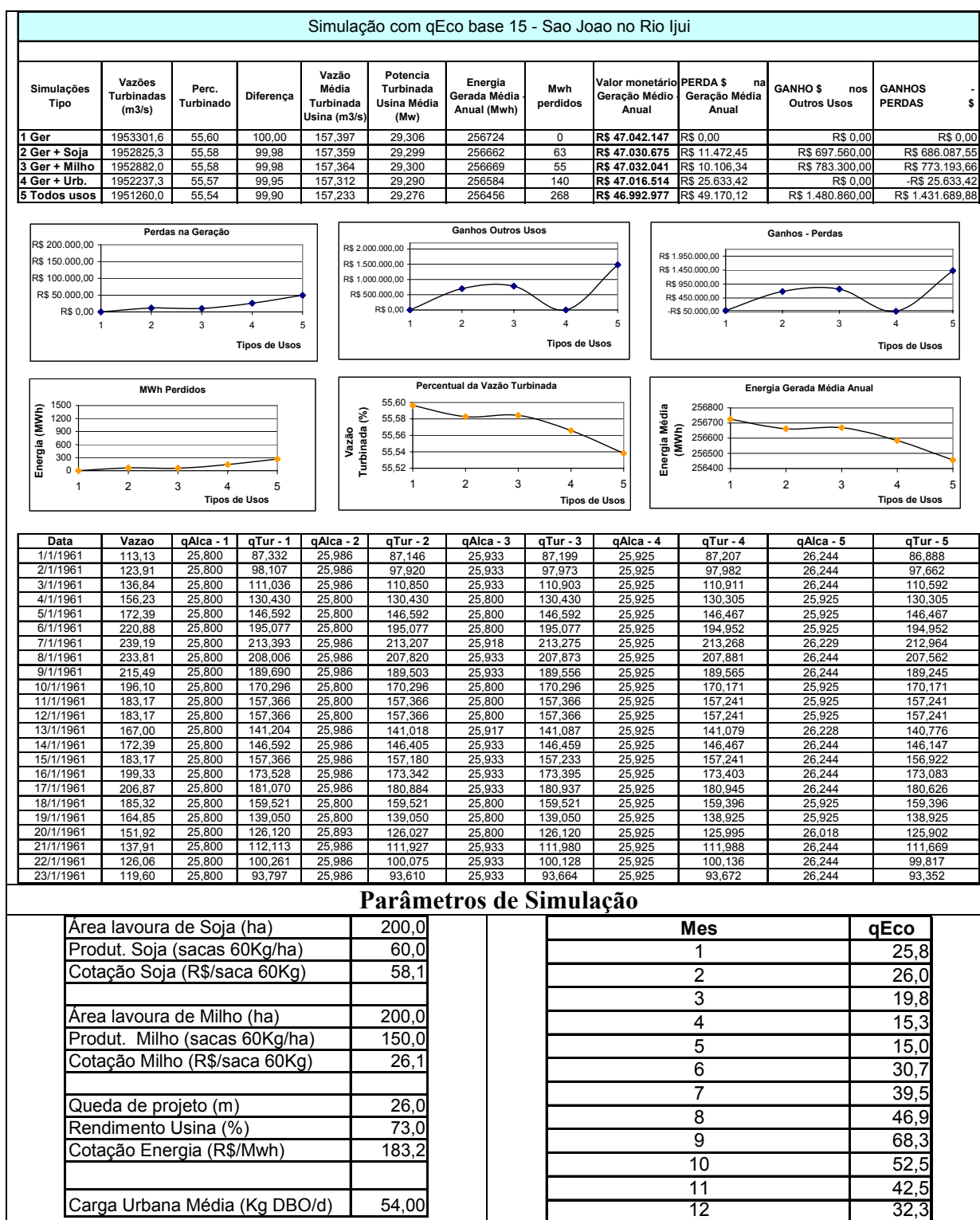
Parâmetros de Simulação

Área lavoura de Soja (ha)	1000,0	Mes	qEco
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0		
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1	1	20,9
		2	21,0
		3	18,0
Área lavoura de Milho (ha)	1000,0	4	18,0
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0	5	18,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1	6	25,5
		7	33,8
Queda de projeto (m)	26,0	8	40,8
Rendimento Usina (%)	73,0	9	61,3
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2	10	46,2
		11	36,6
		12	27,0
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	270,00		

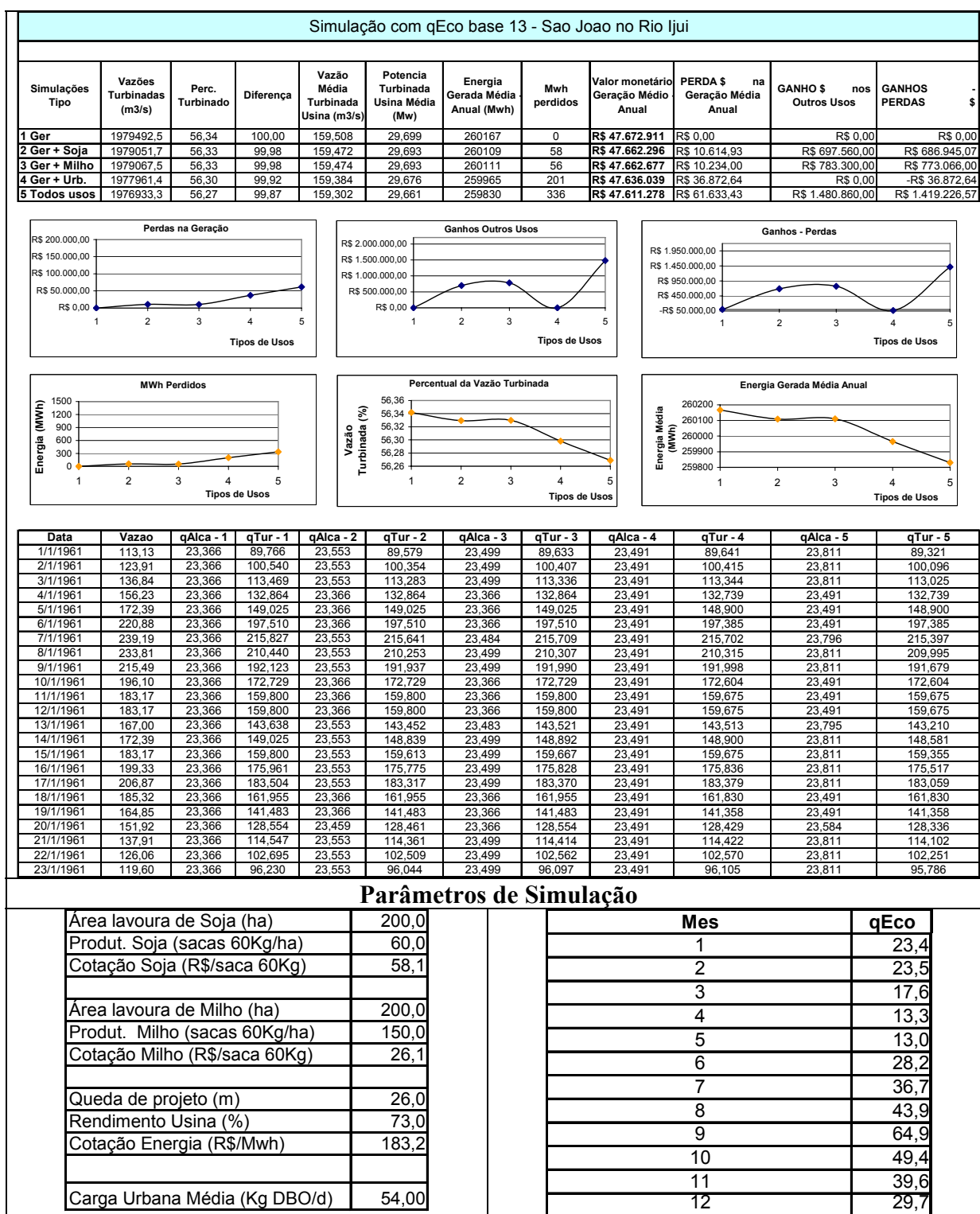
Cenário 31. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 17 m³/s.



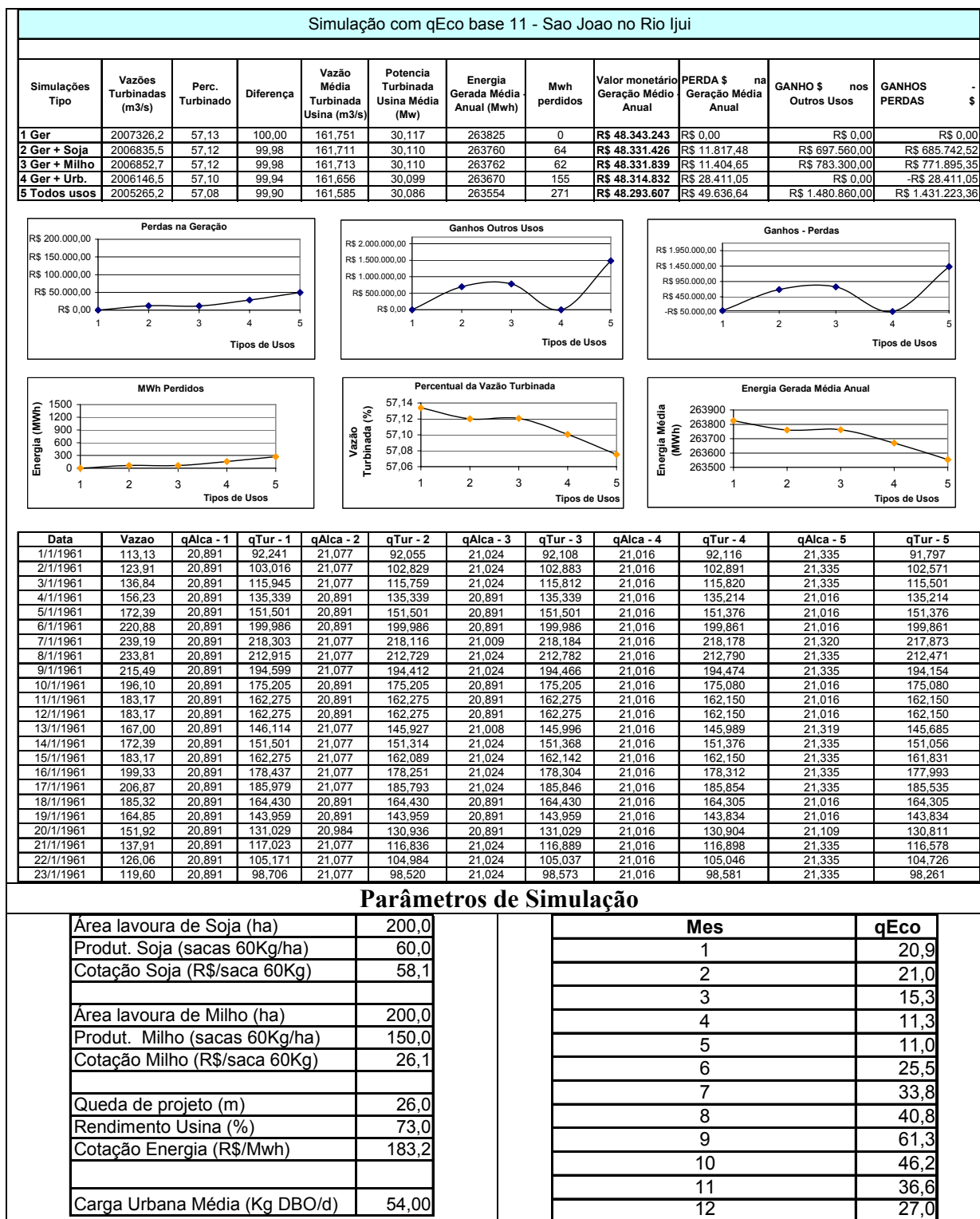
Cenário 32. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 15 m³/s.



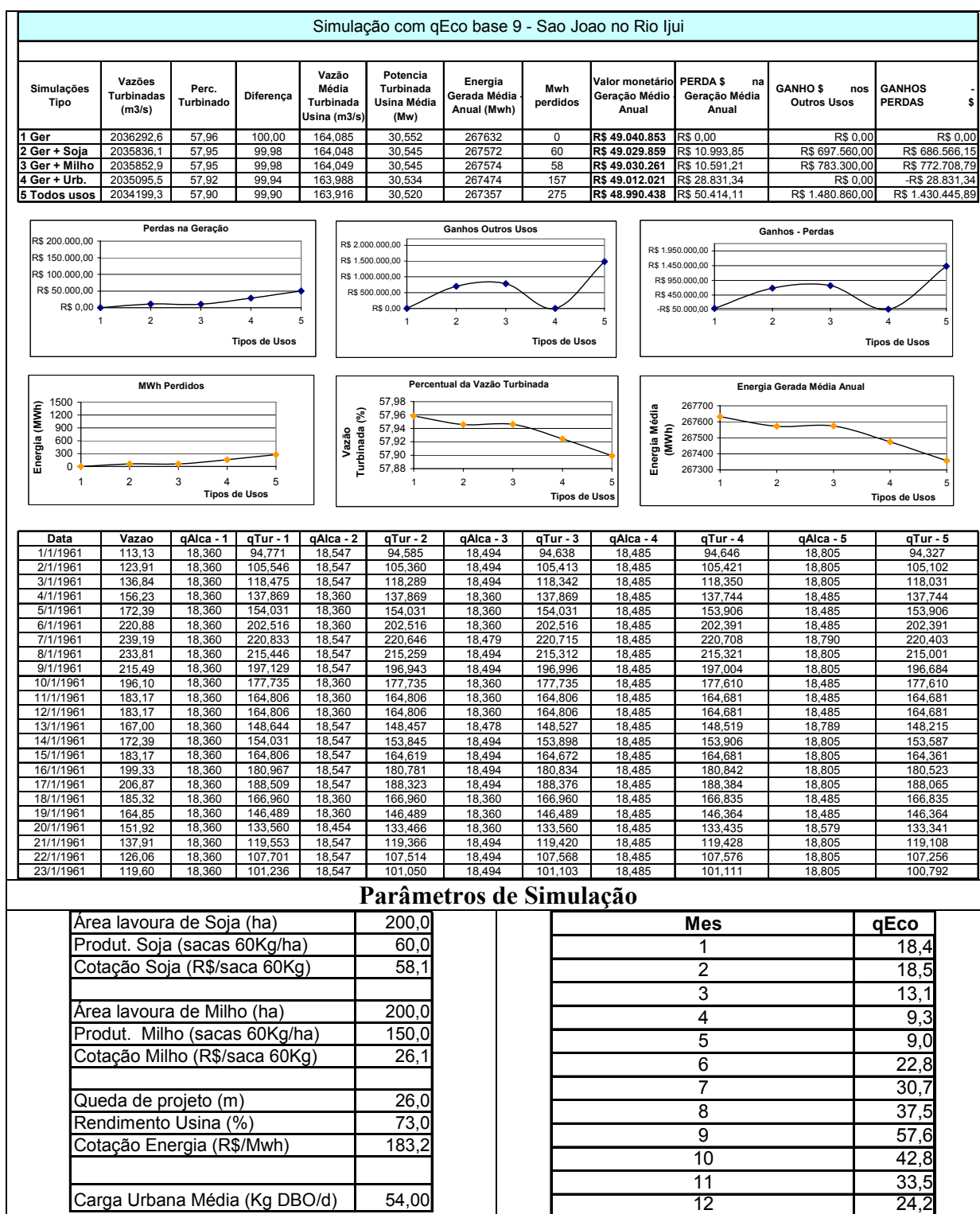
Cenário 33. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 13 m³/s.



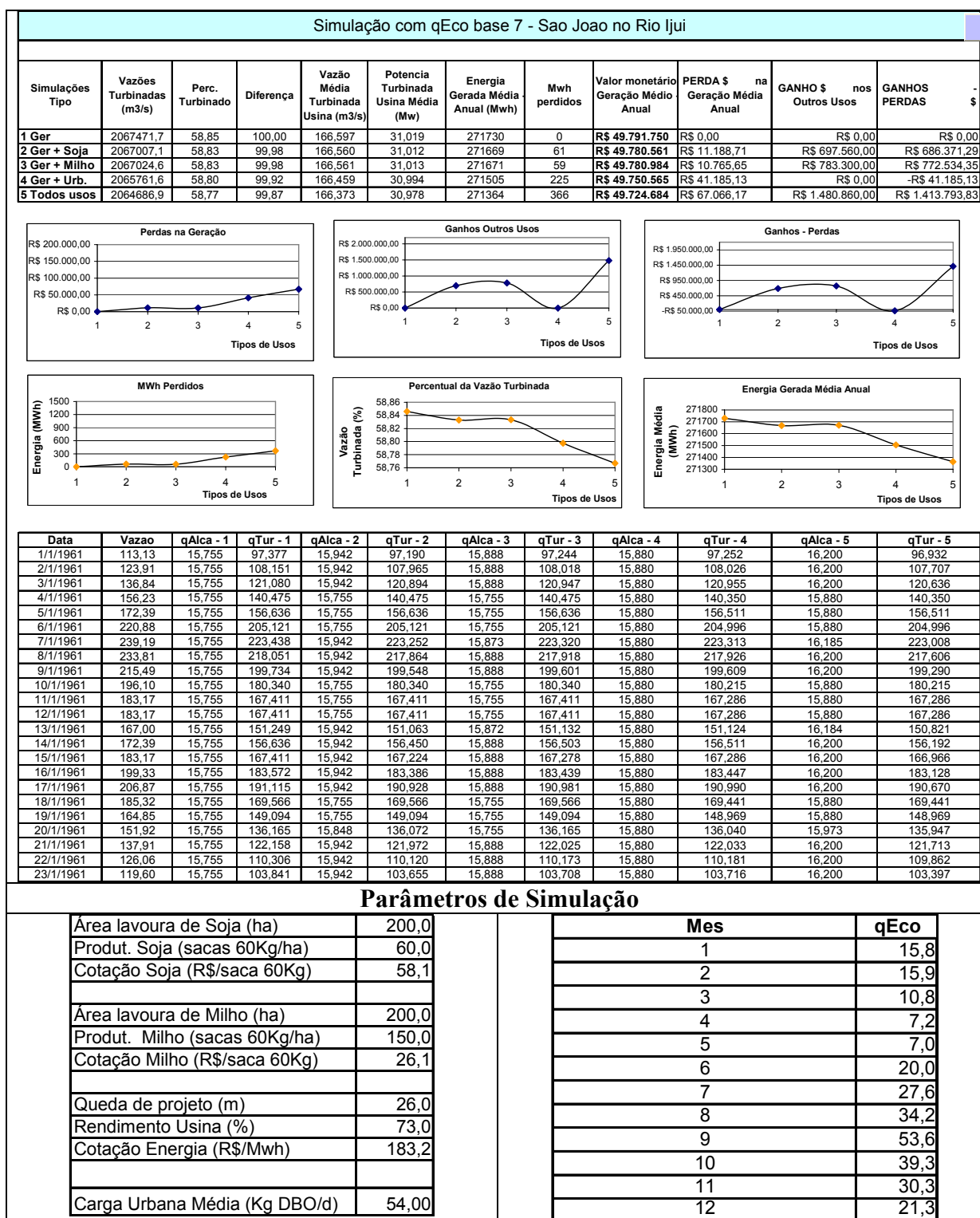
Cenário 34. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 11 m³/s.



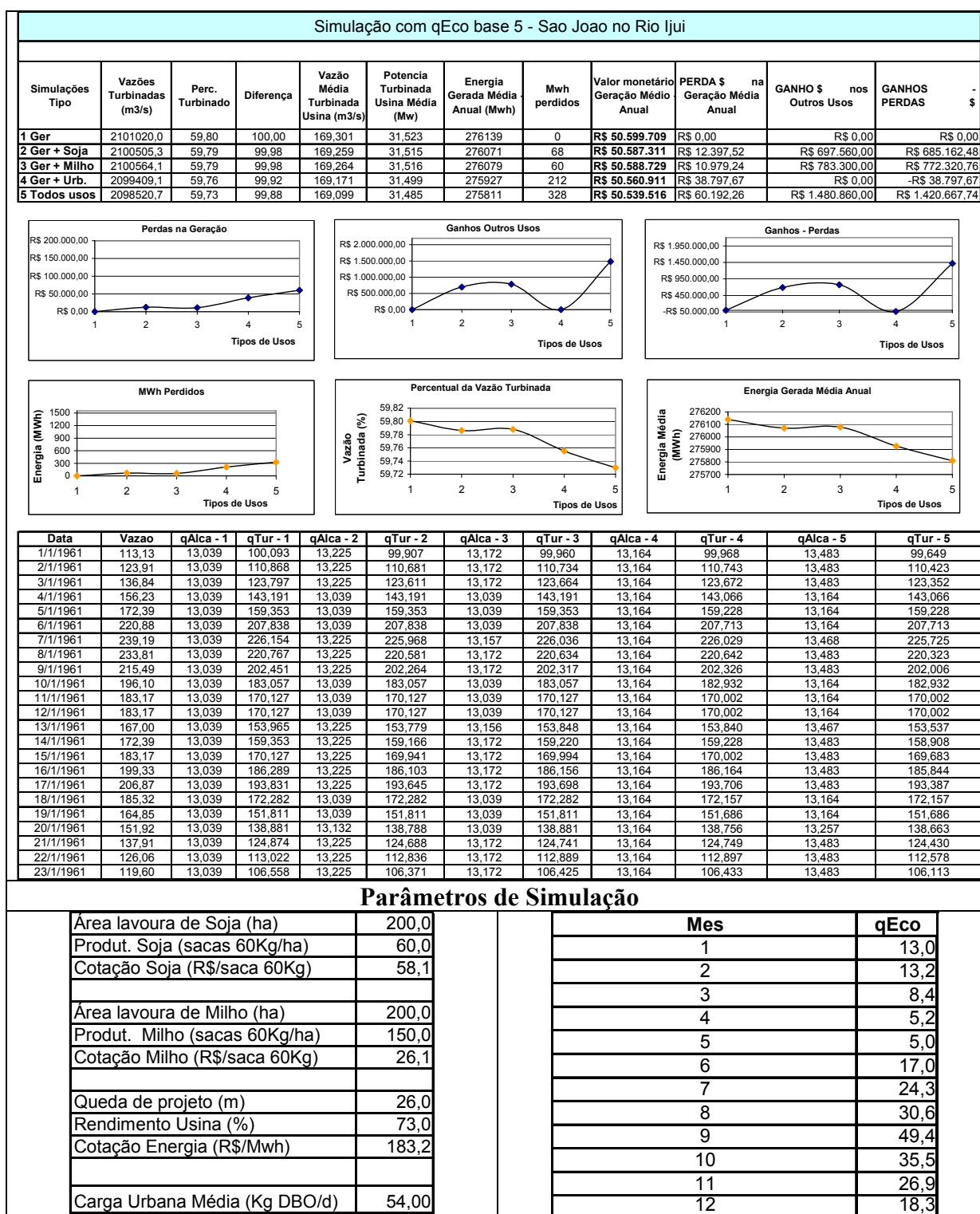
Cenário 35. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 9 m³/s.



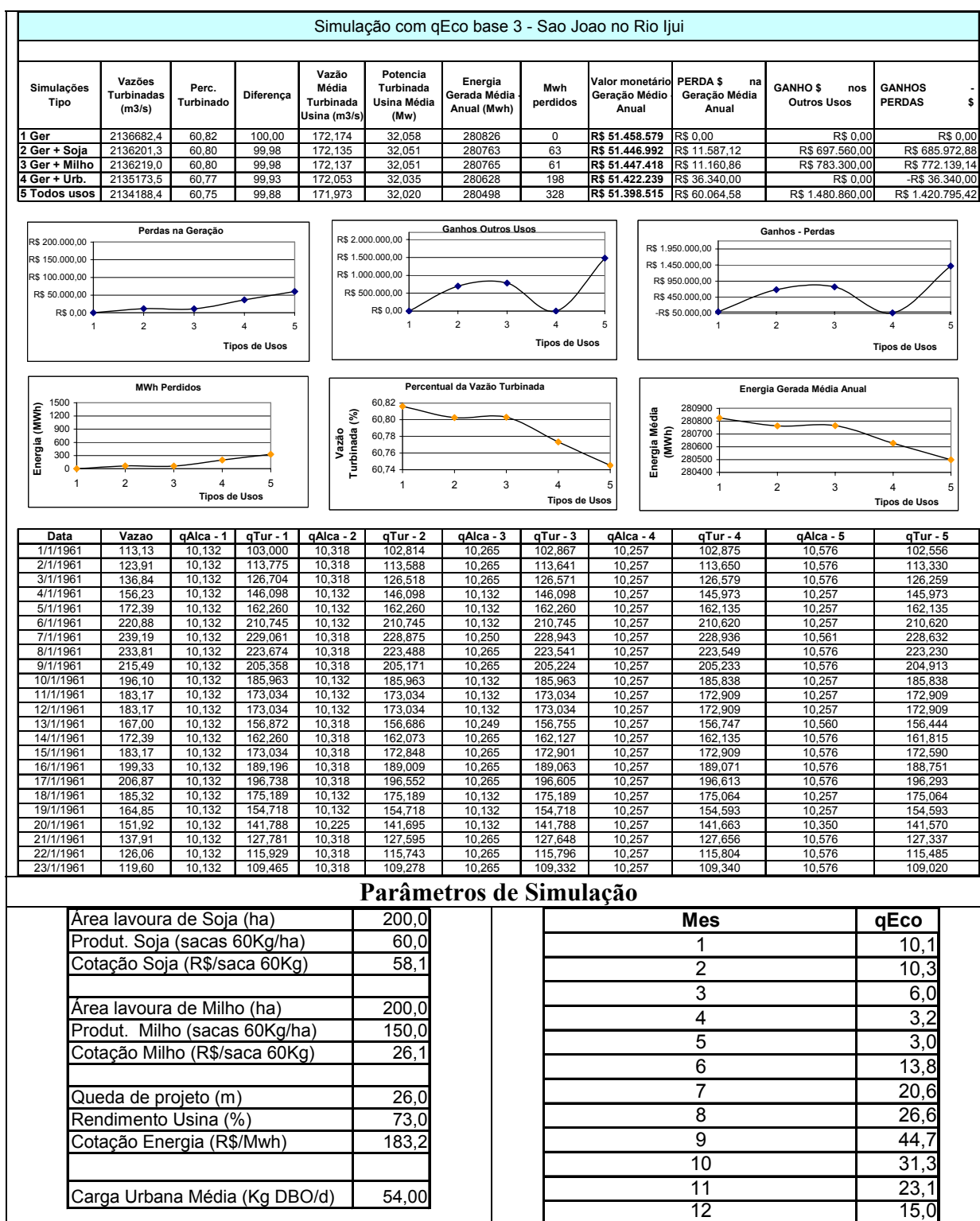
Cenário 36. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 7 m³/s.



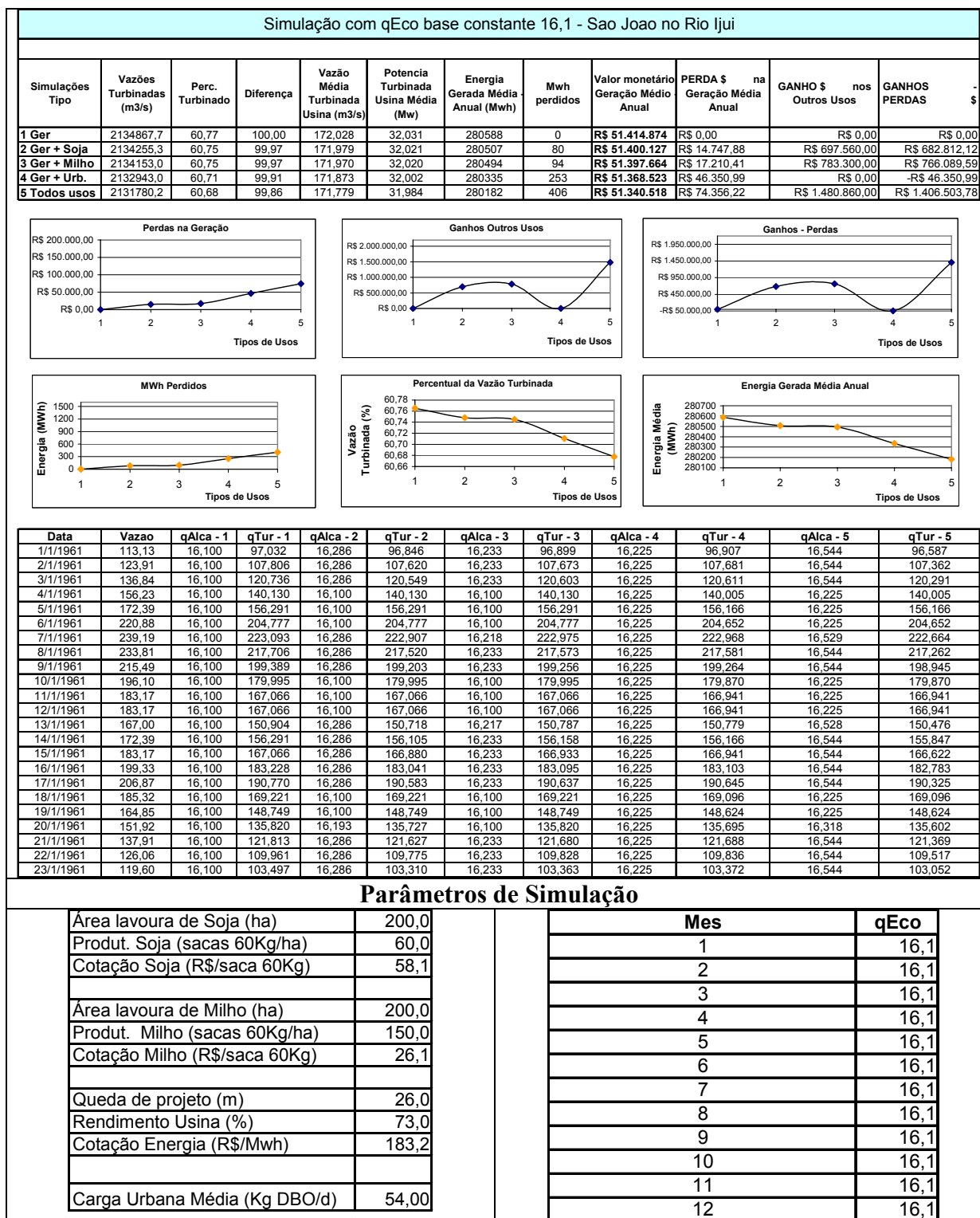
Cenário 37. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 5 m³/s.



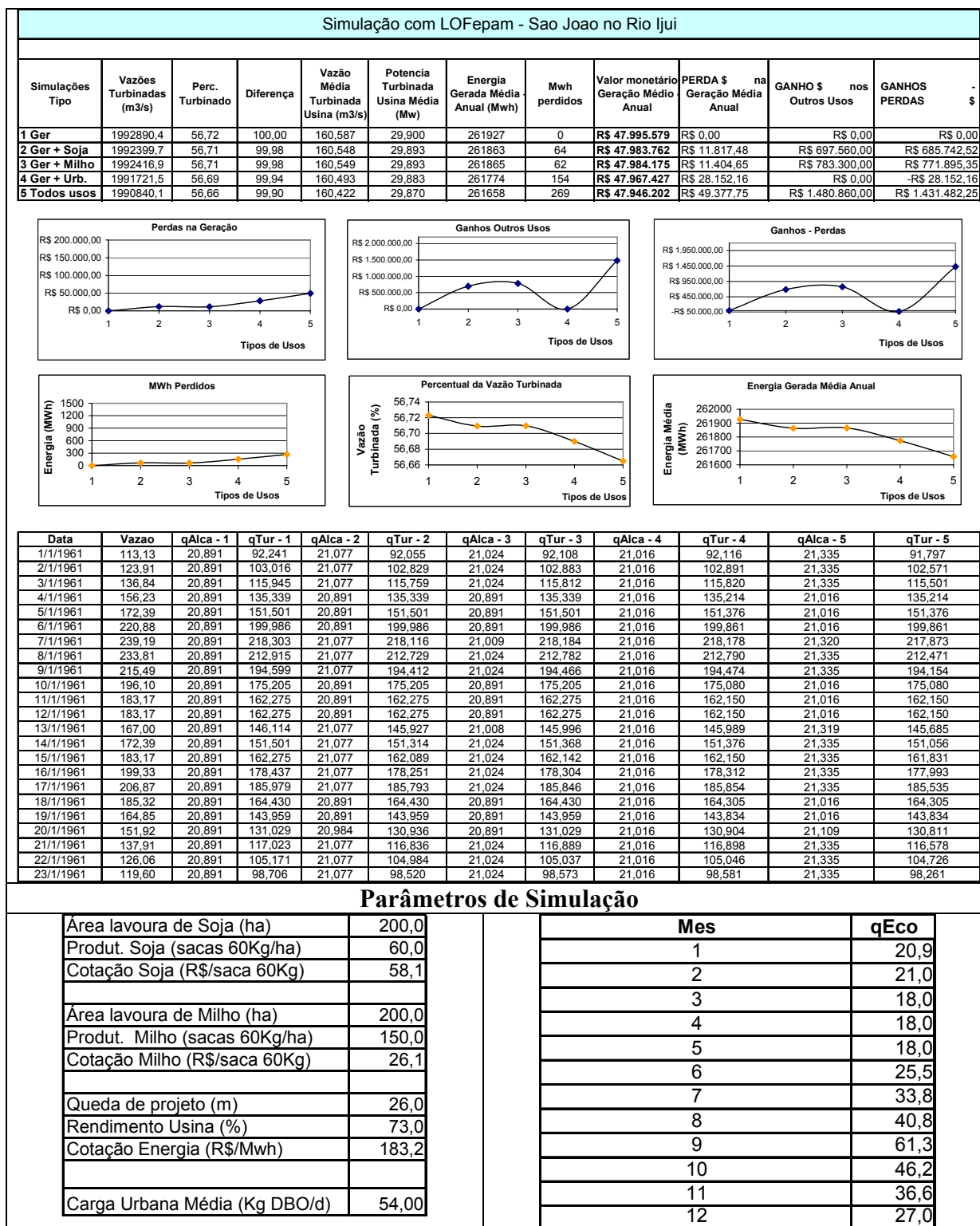
Cenário 38. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 3 m³/s.



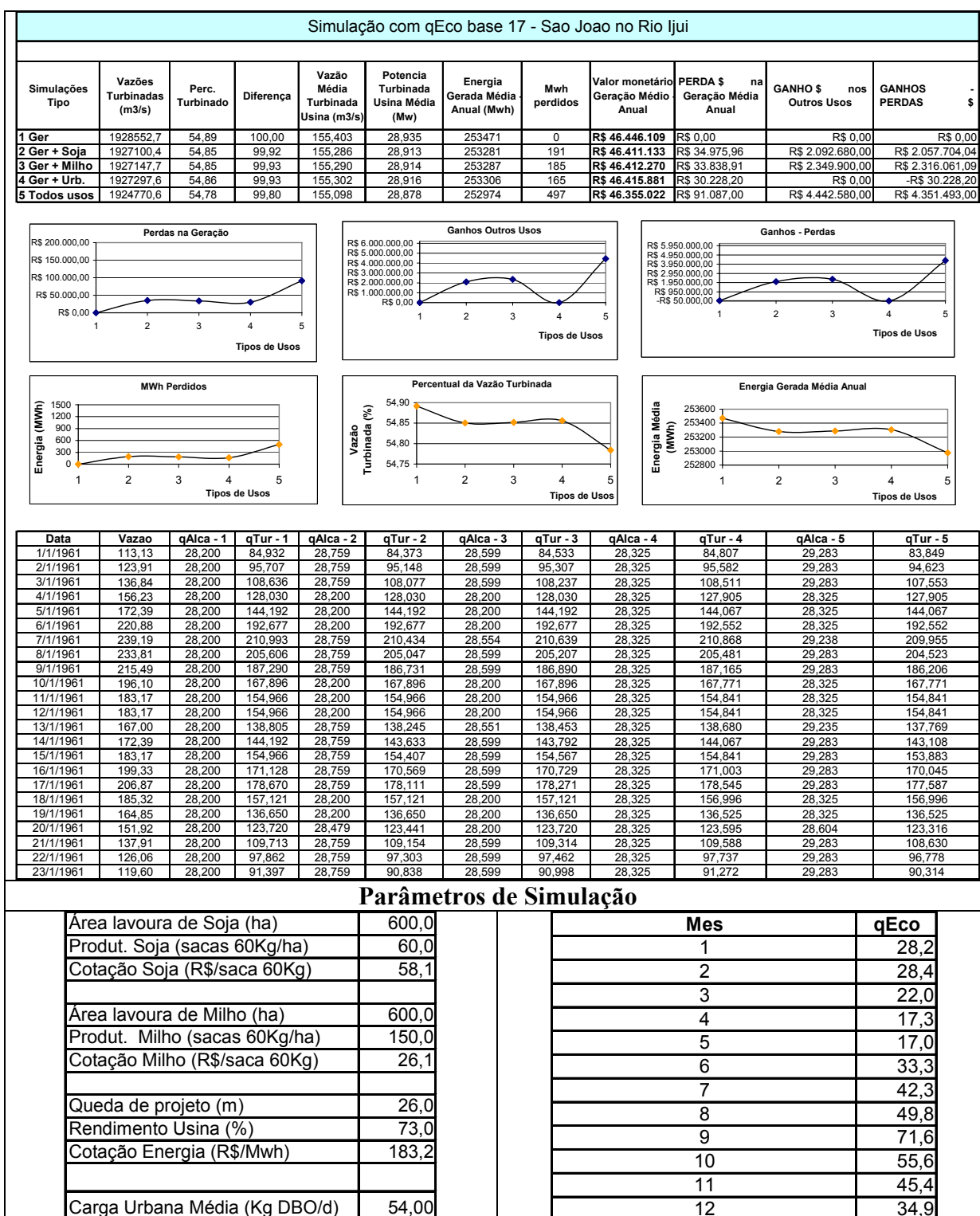
Cenário 39. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 16,1 m³/s.



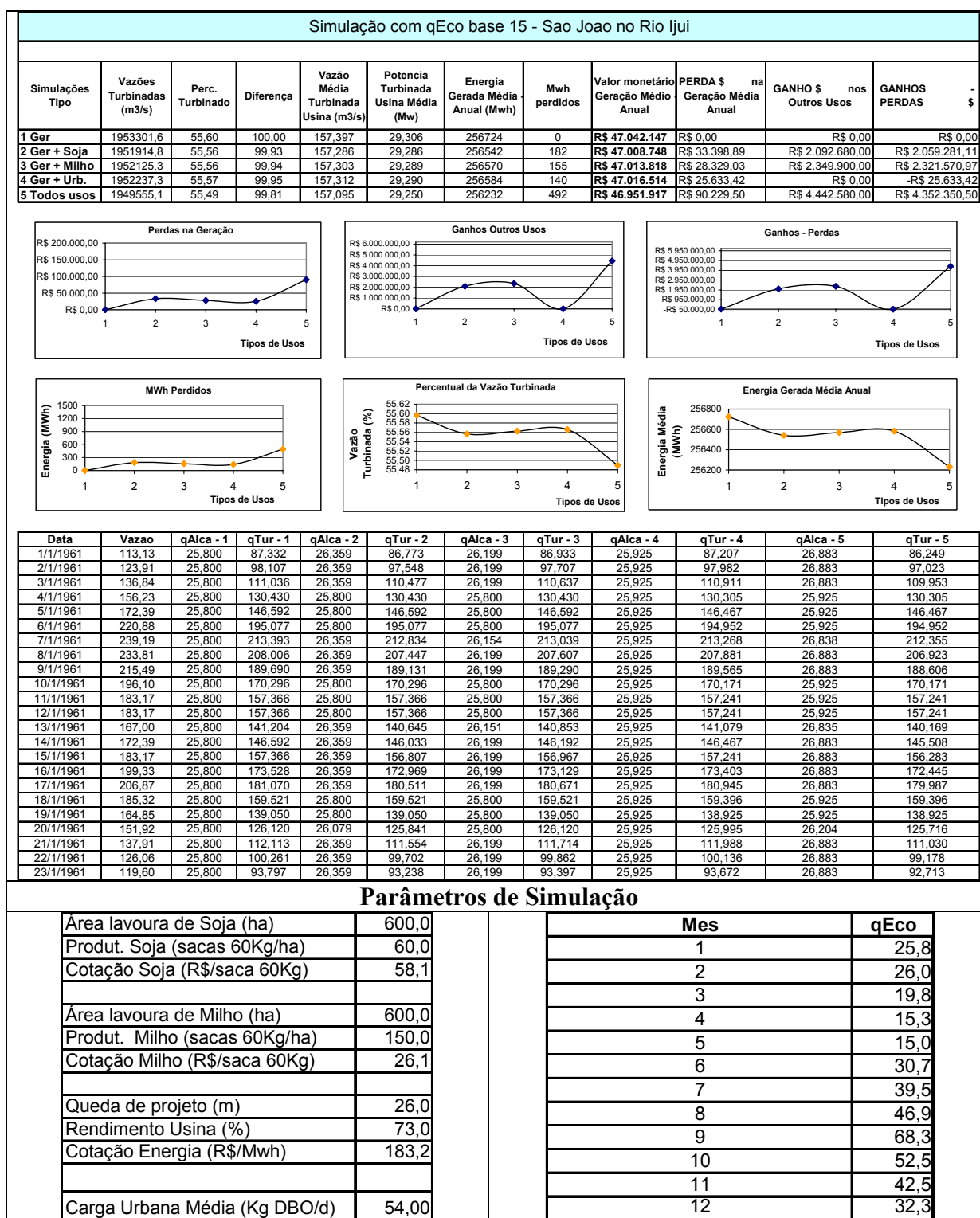
Cenário 40. Simulações com 200ha de soja e 200ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco LOFepam.



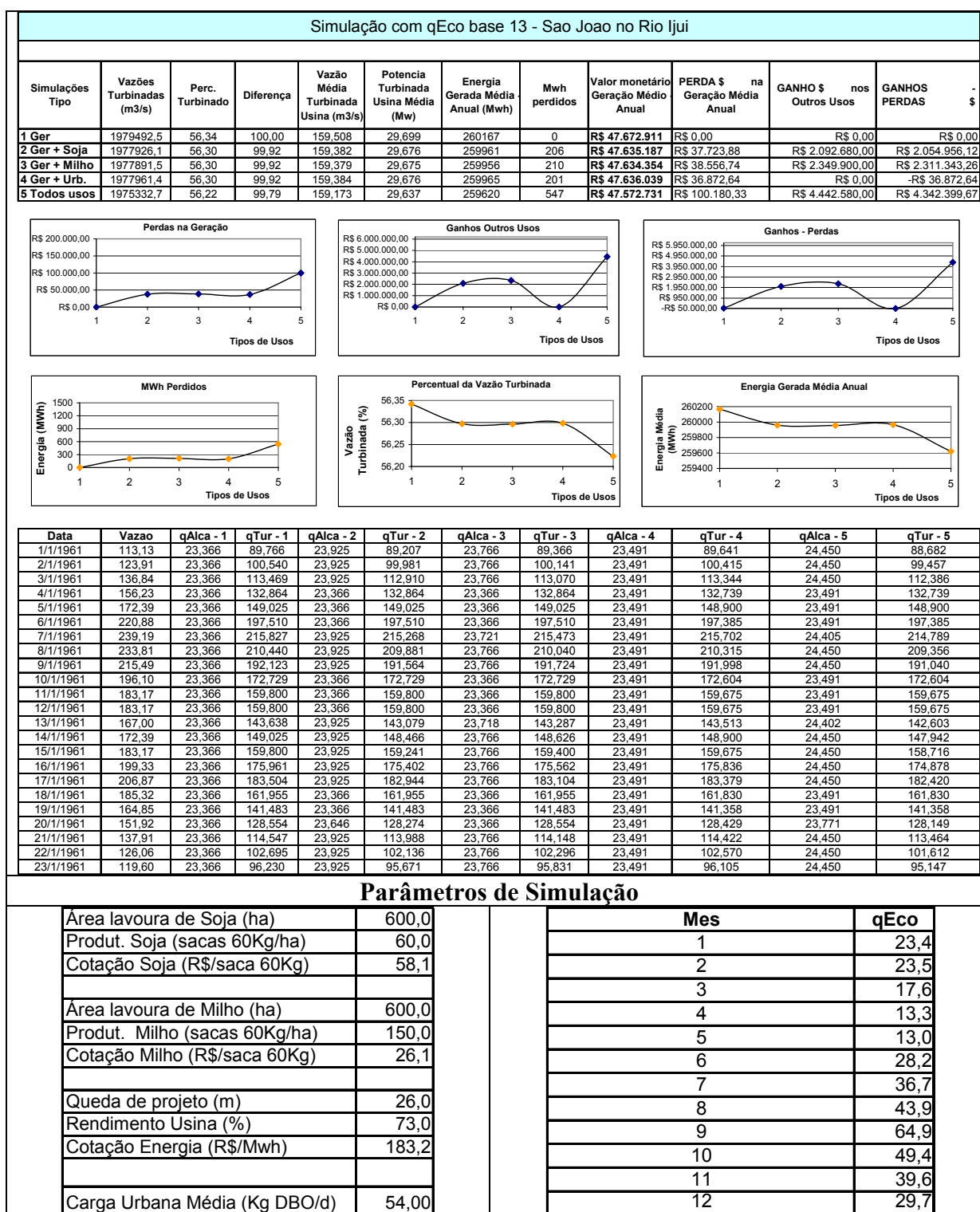
Cenário 41. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 17 m³/s.



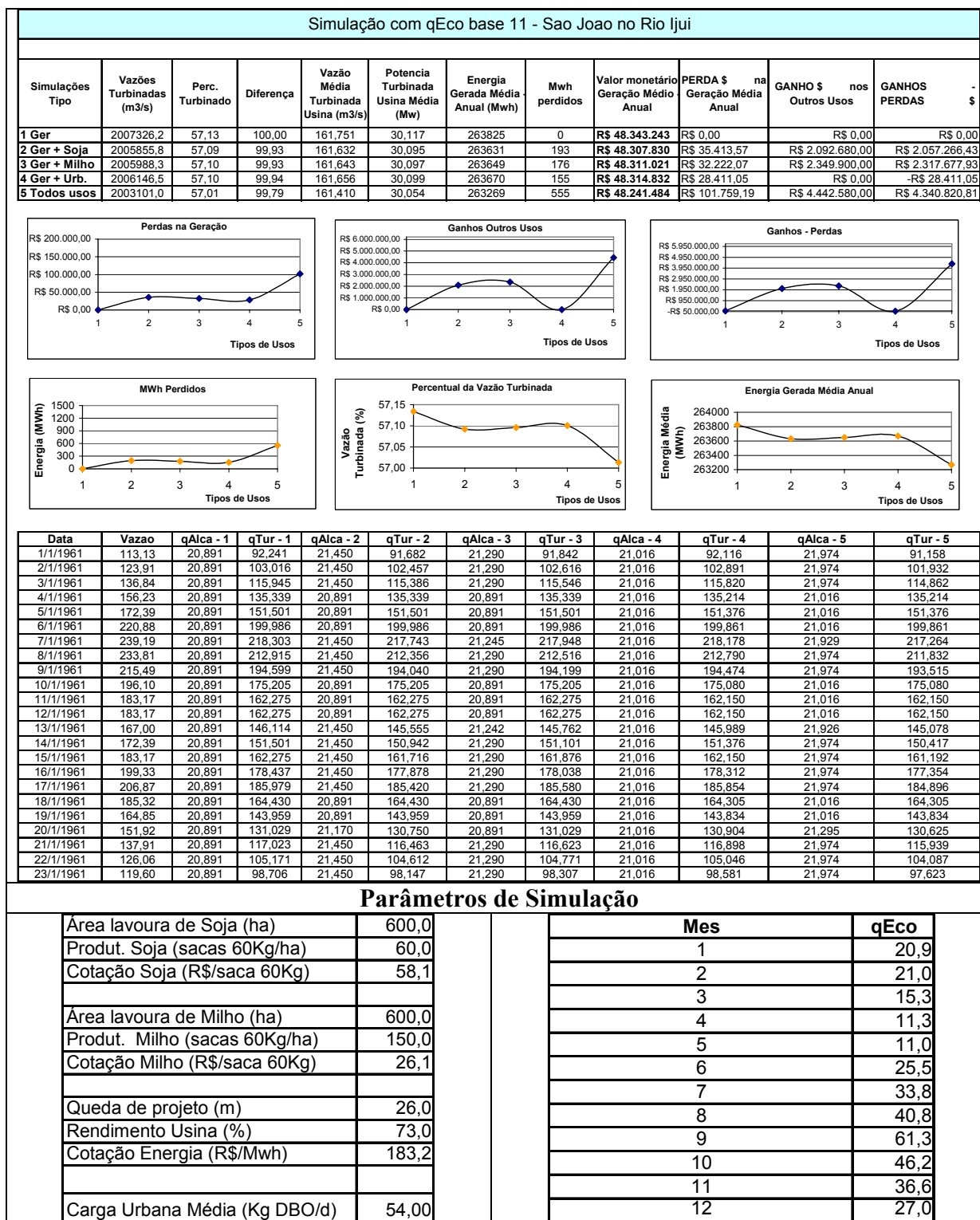
Cenário 42. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 15 m³/s.



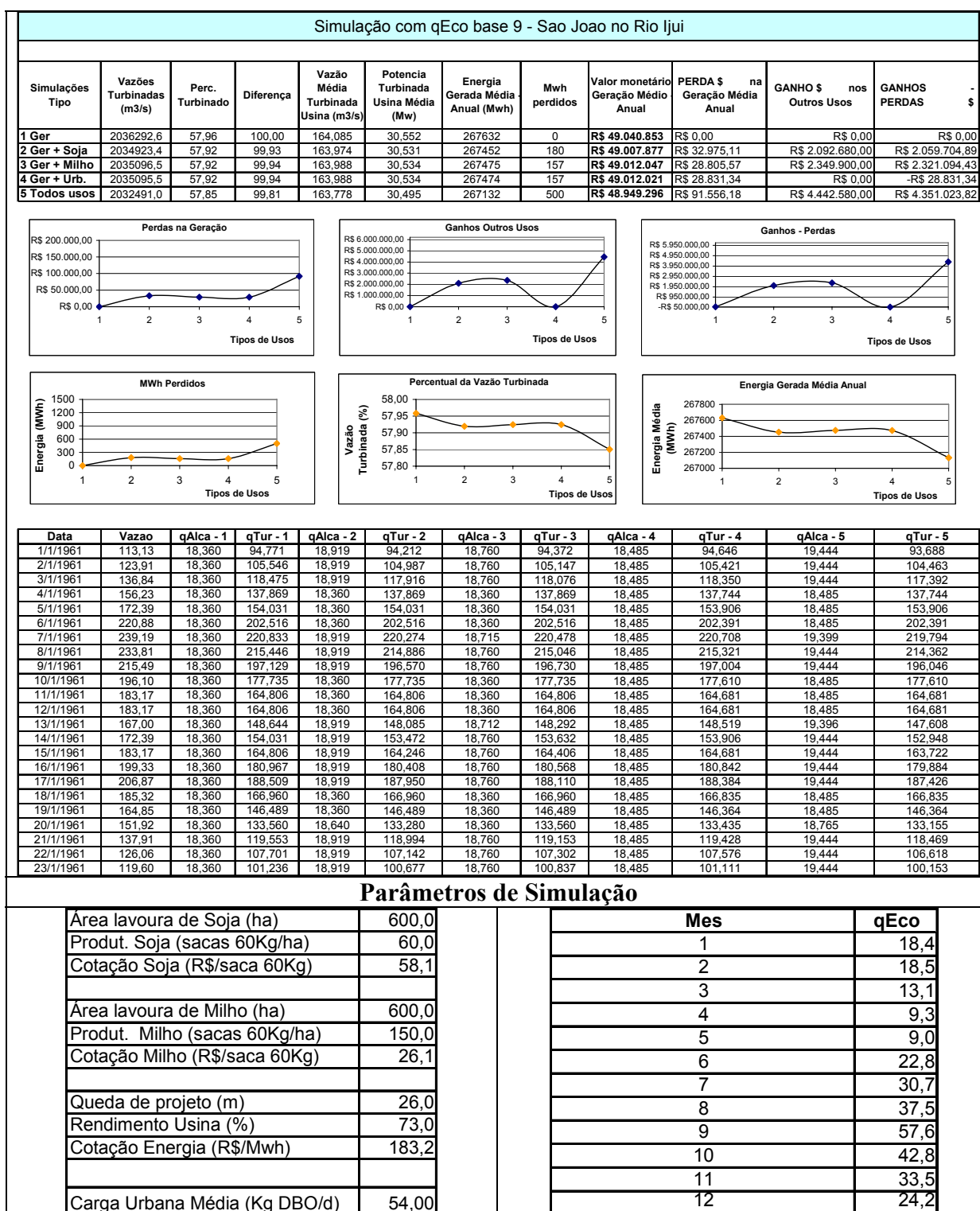
Cenário 43. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 13 m³/s.



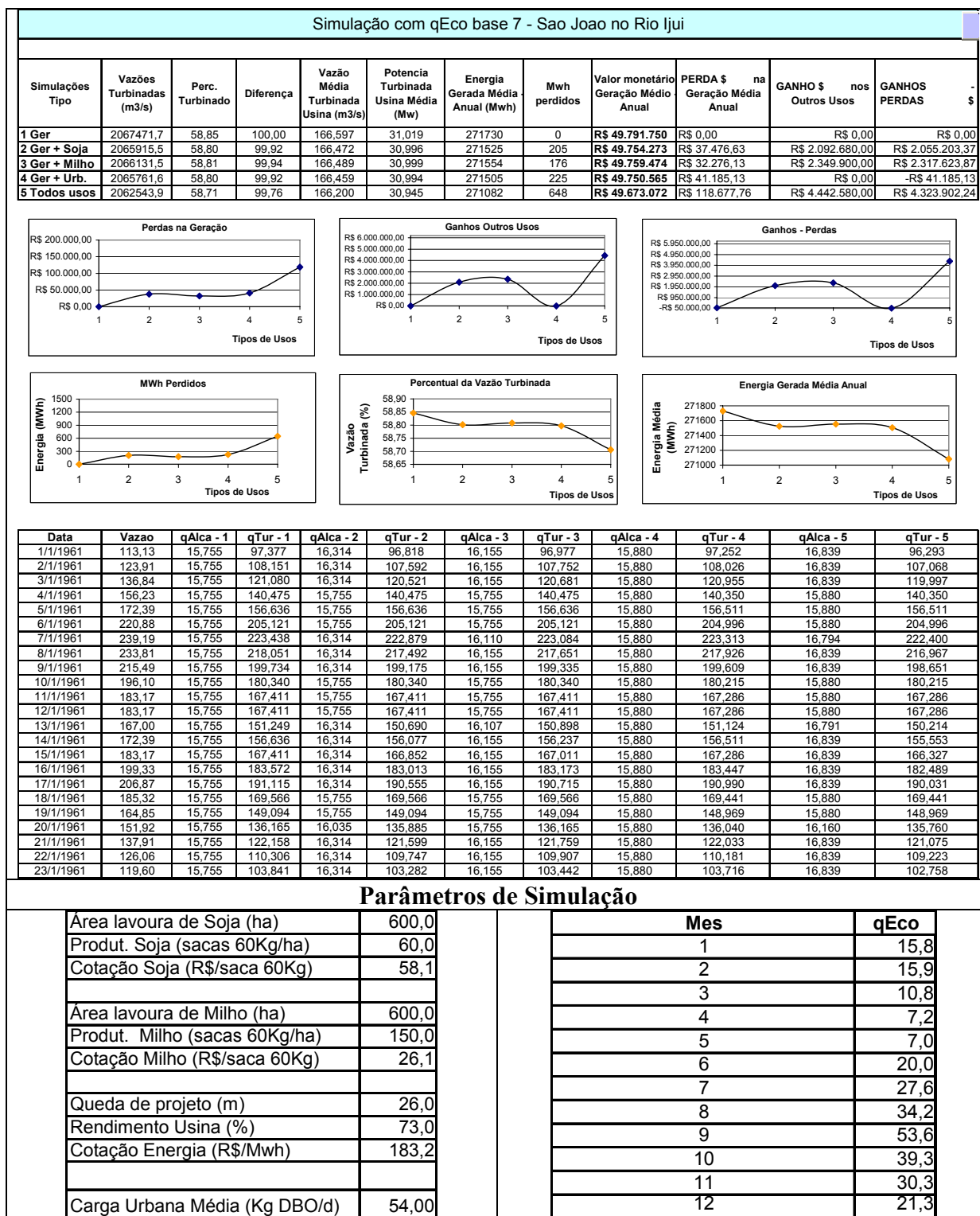
Cenário 44. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 11 m³/s.



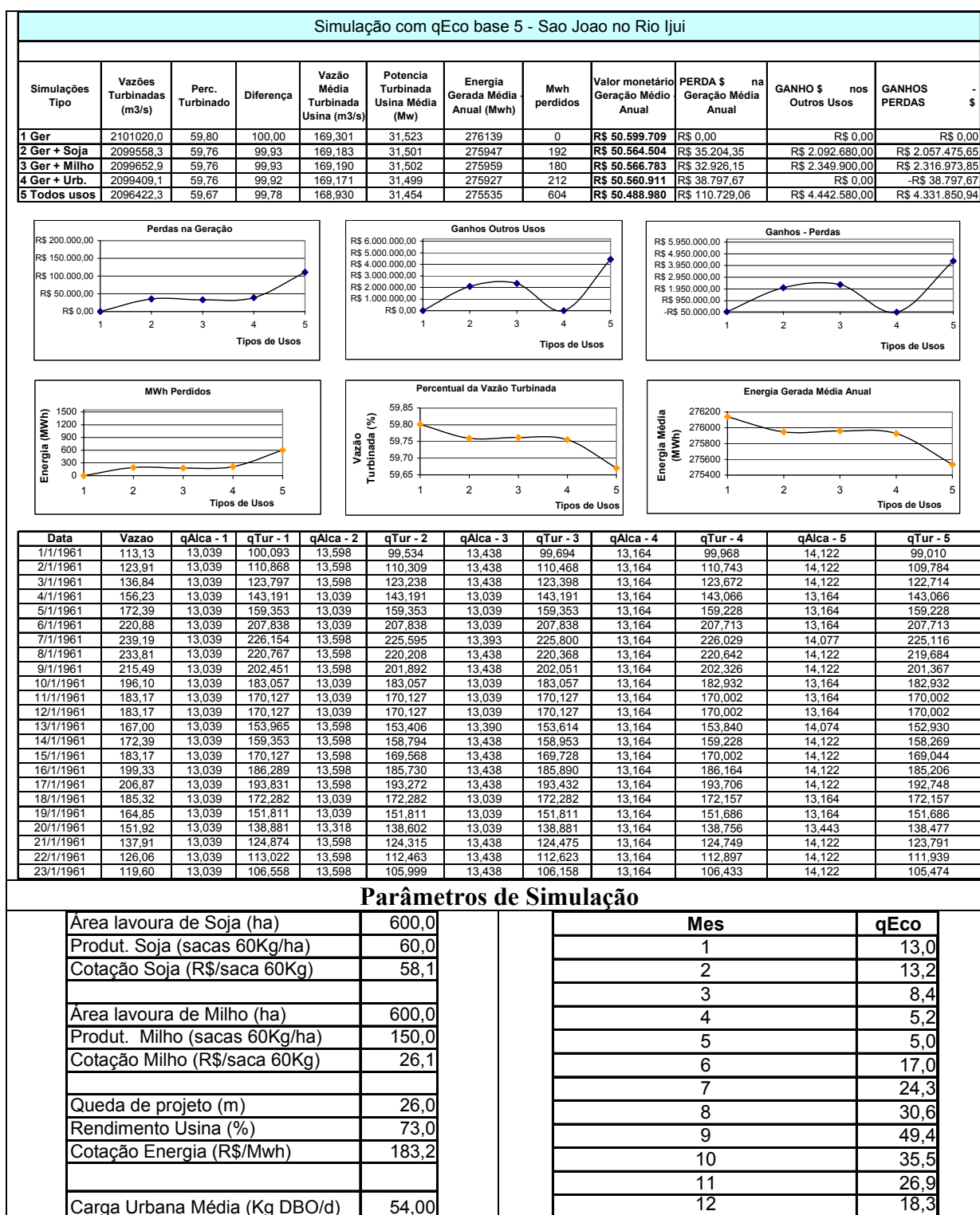
Cenário 45. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 9 m³/s.



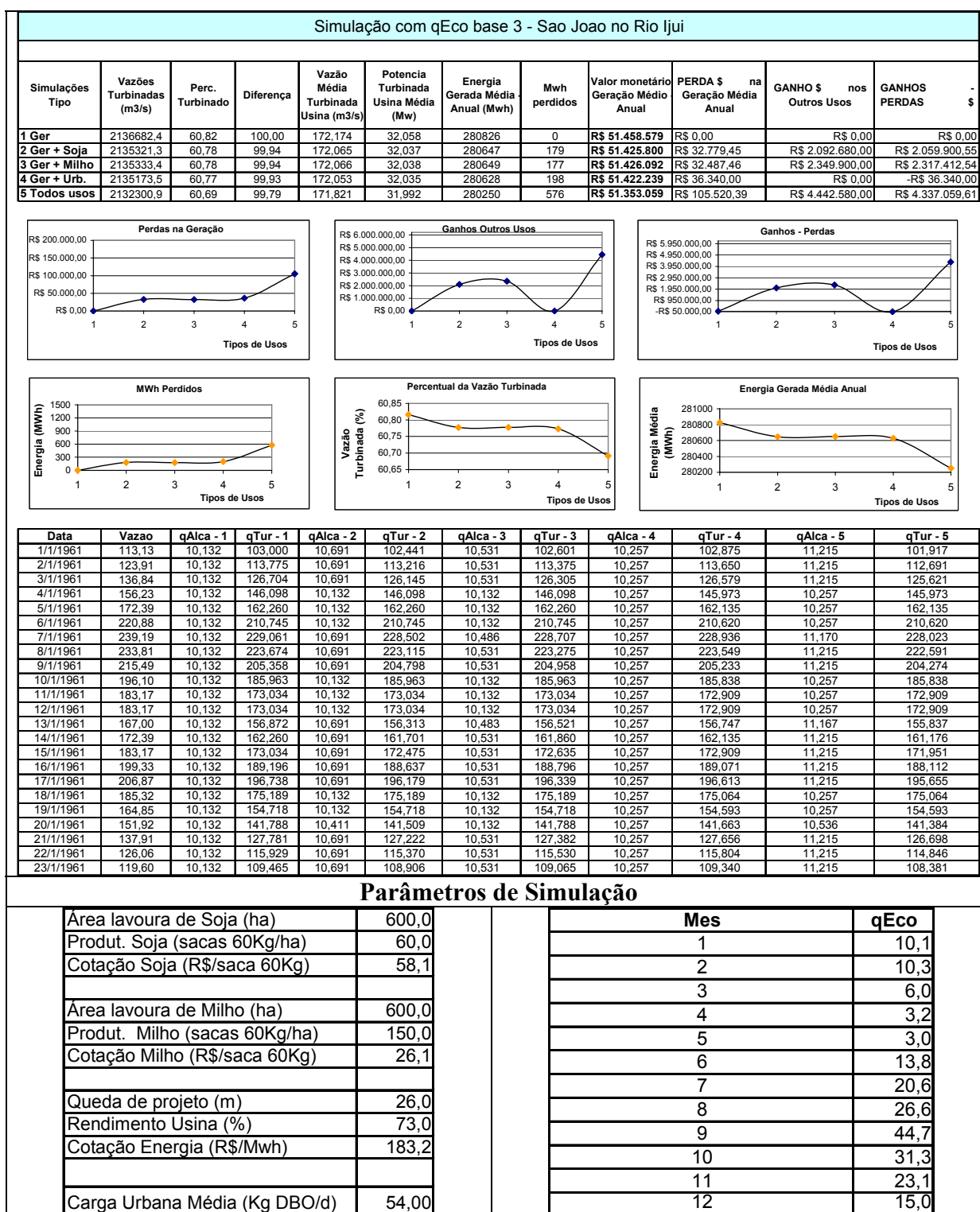
Cenário 46. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 7 m³/s.



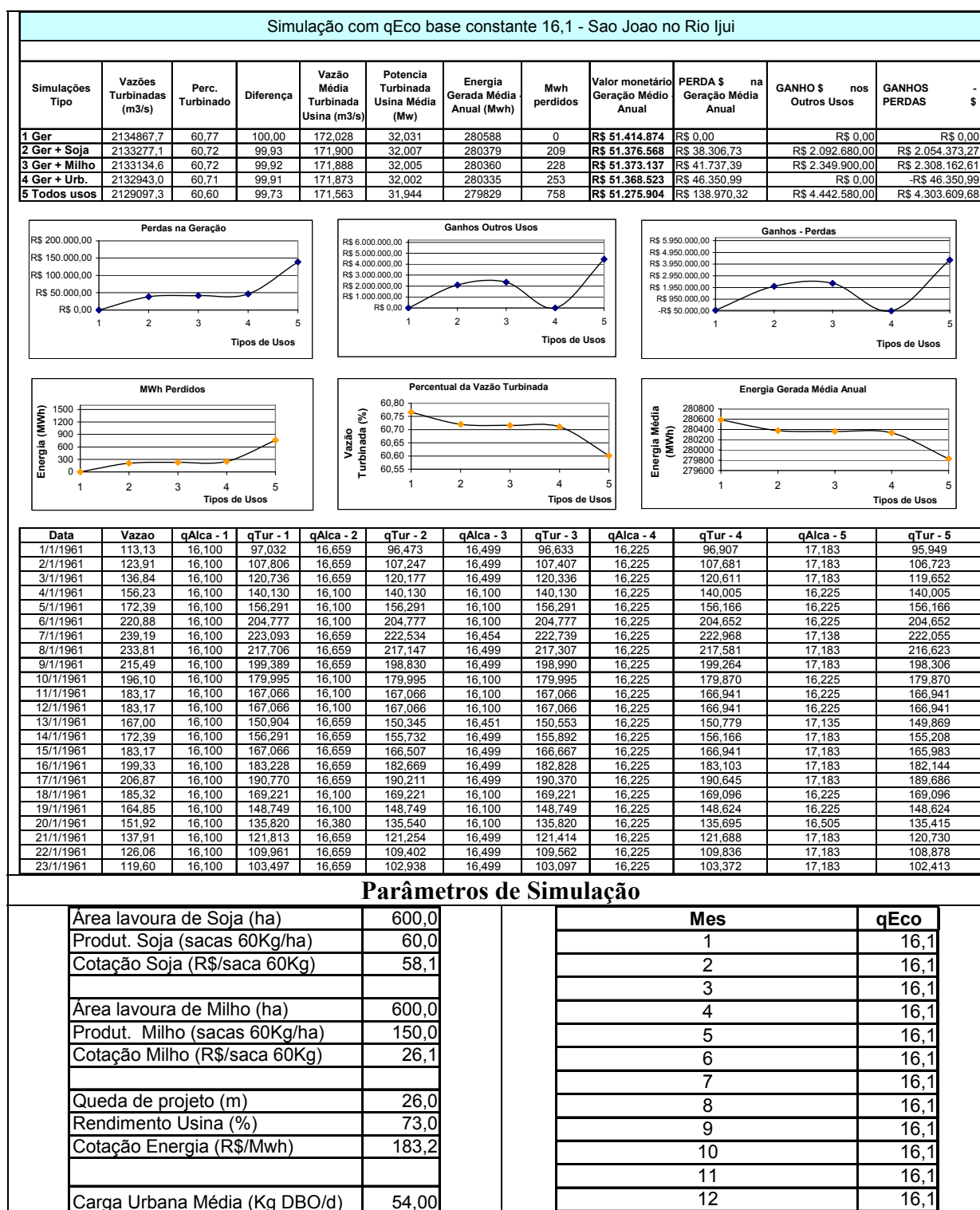
Cenário 47. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 5 m³/s.



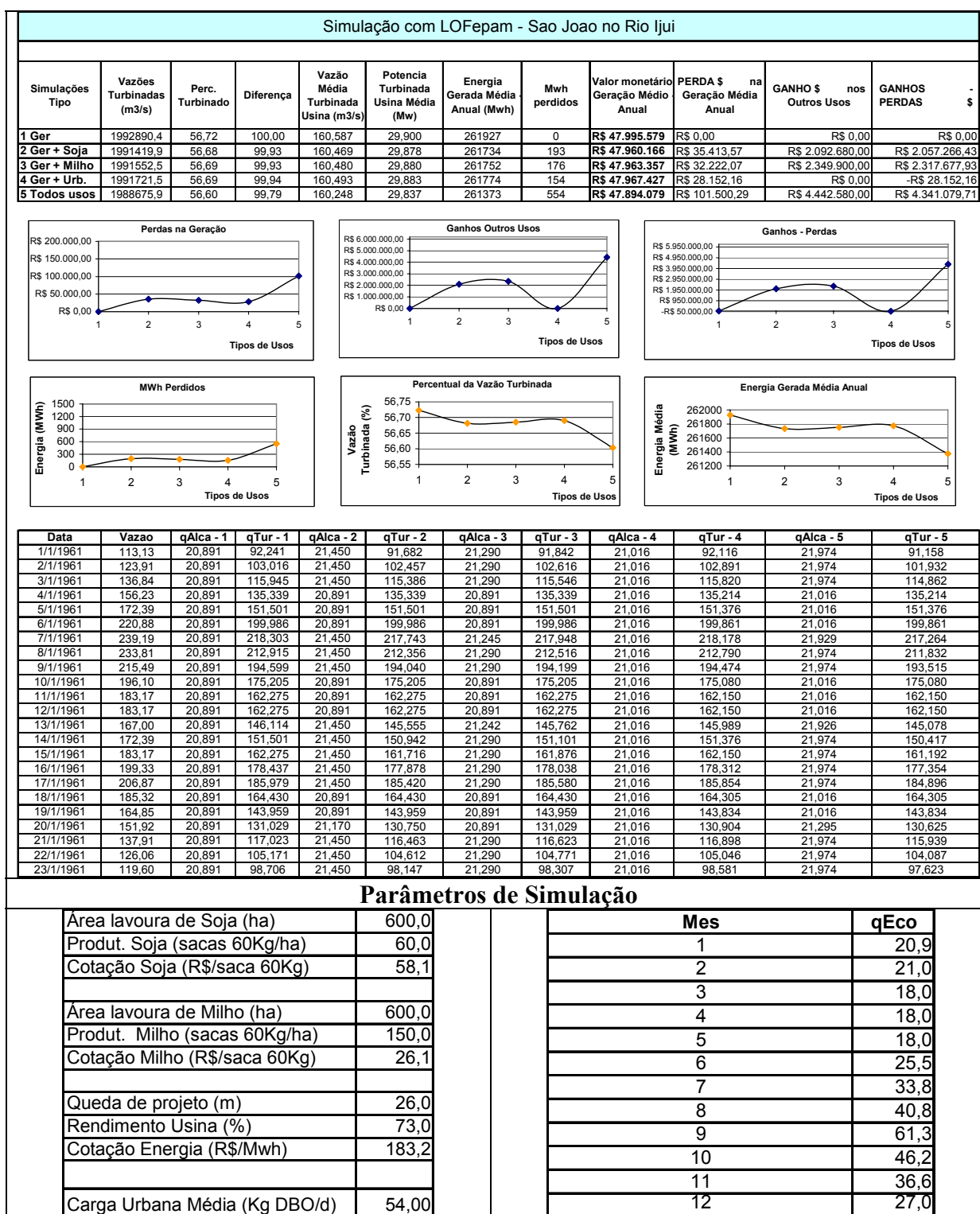
Cenário 48. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 3 m³/s.



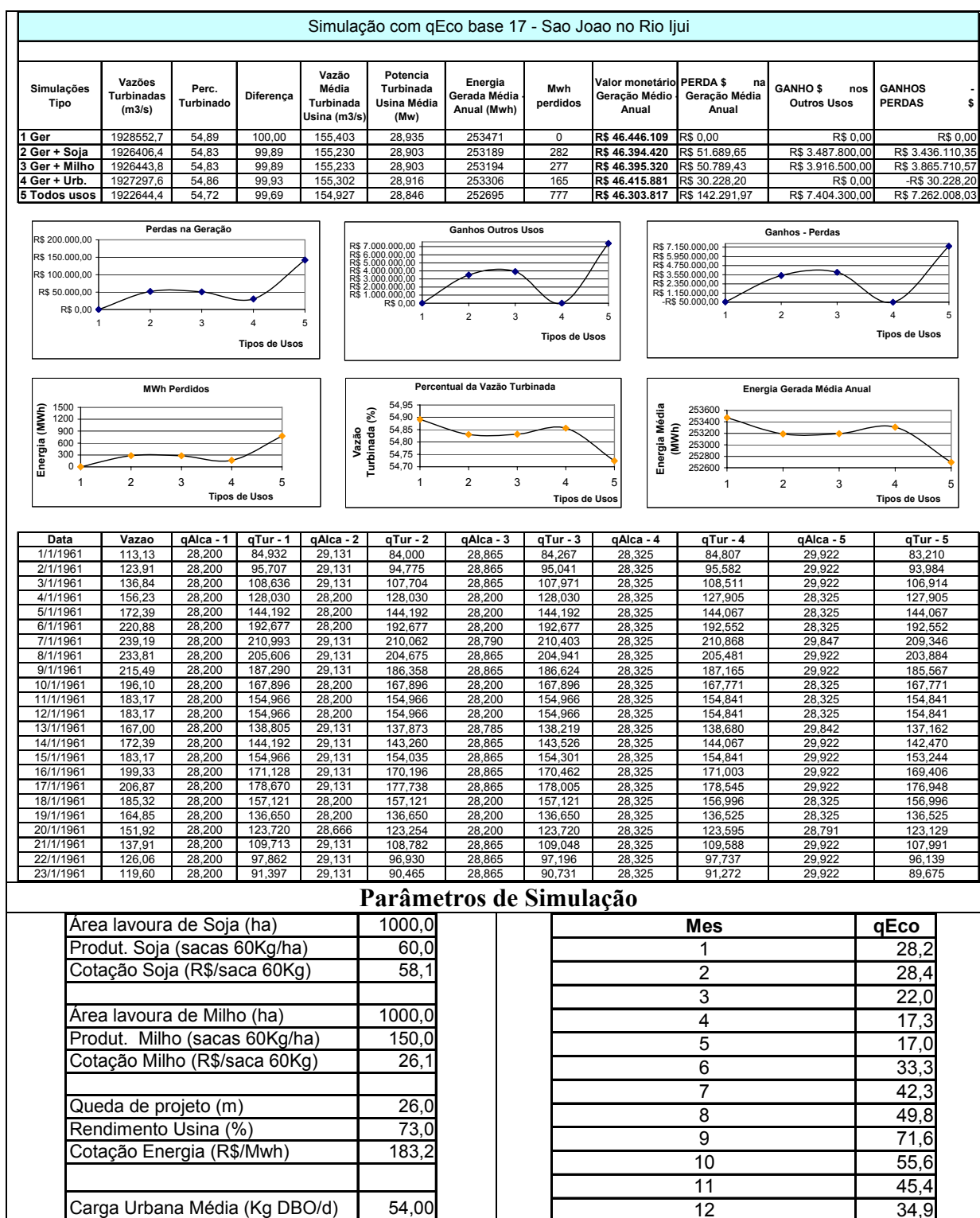
Cenário 49. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 16,1 m³/s.



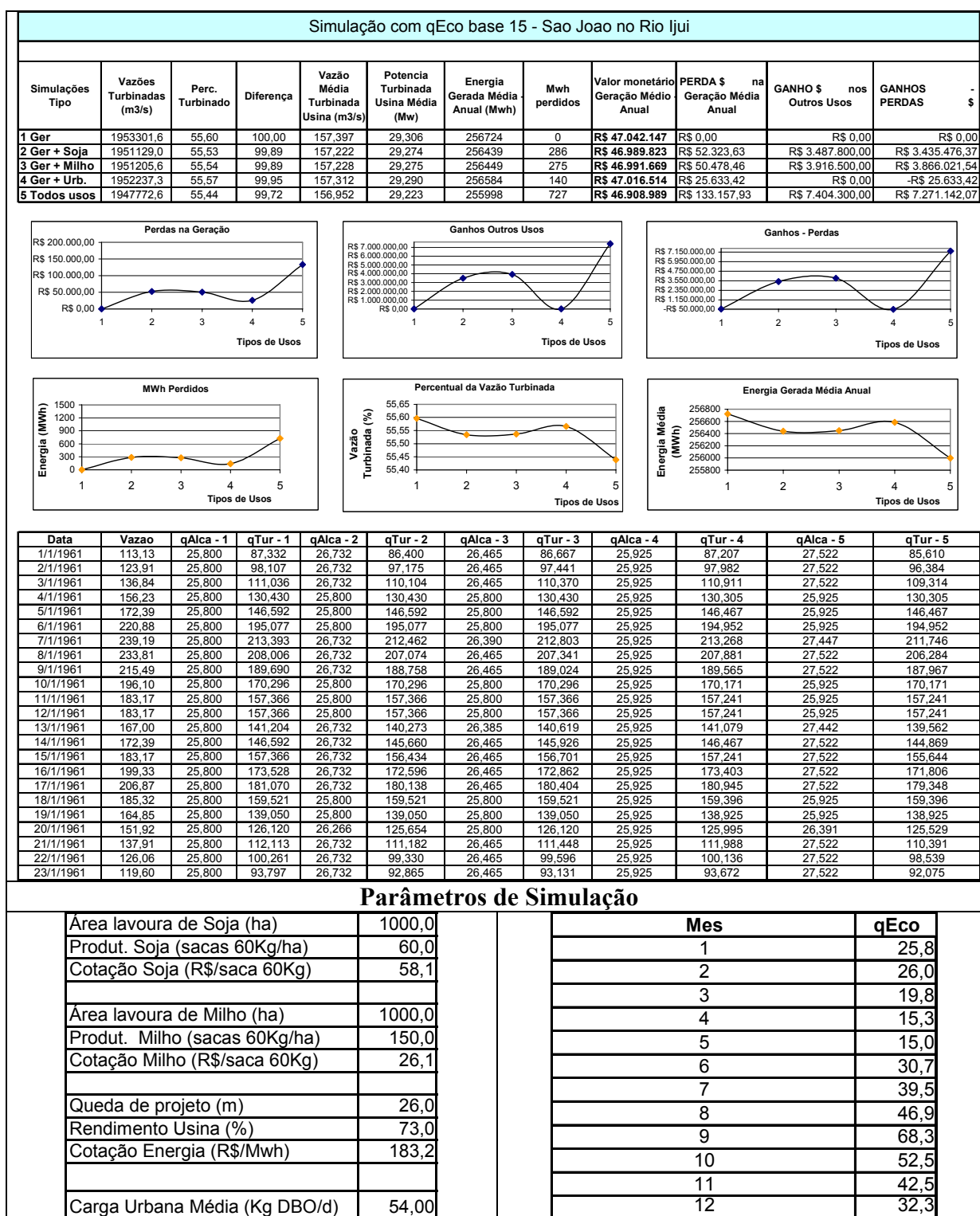
Cenário 50. Simulações com 600ha de soja e 600ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco LOFepam (m³/s).



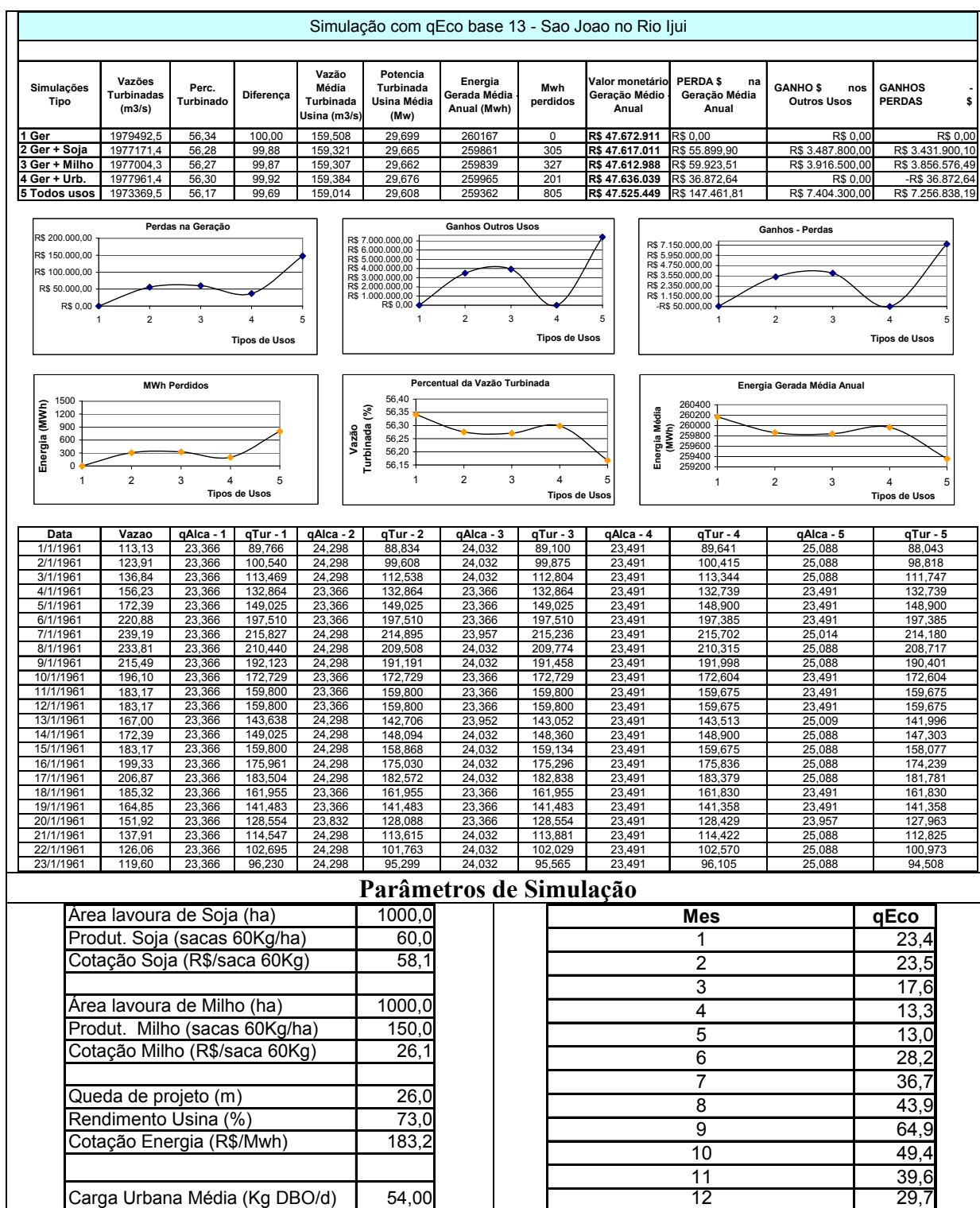
Cenário 51. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 17 m³/s.



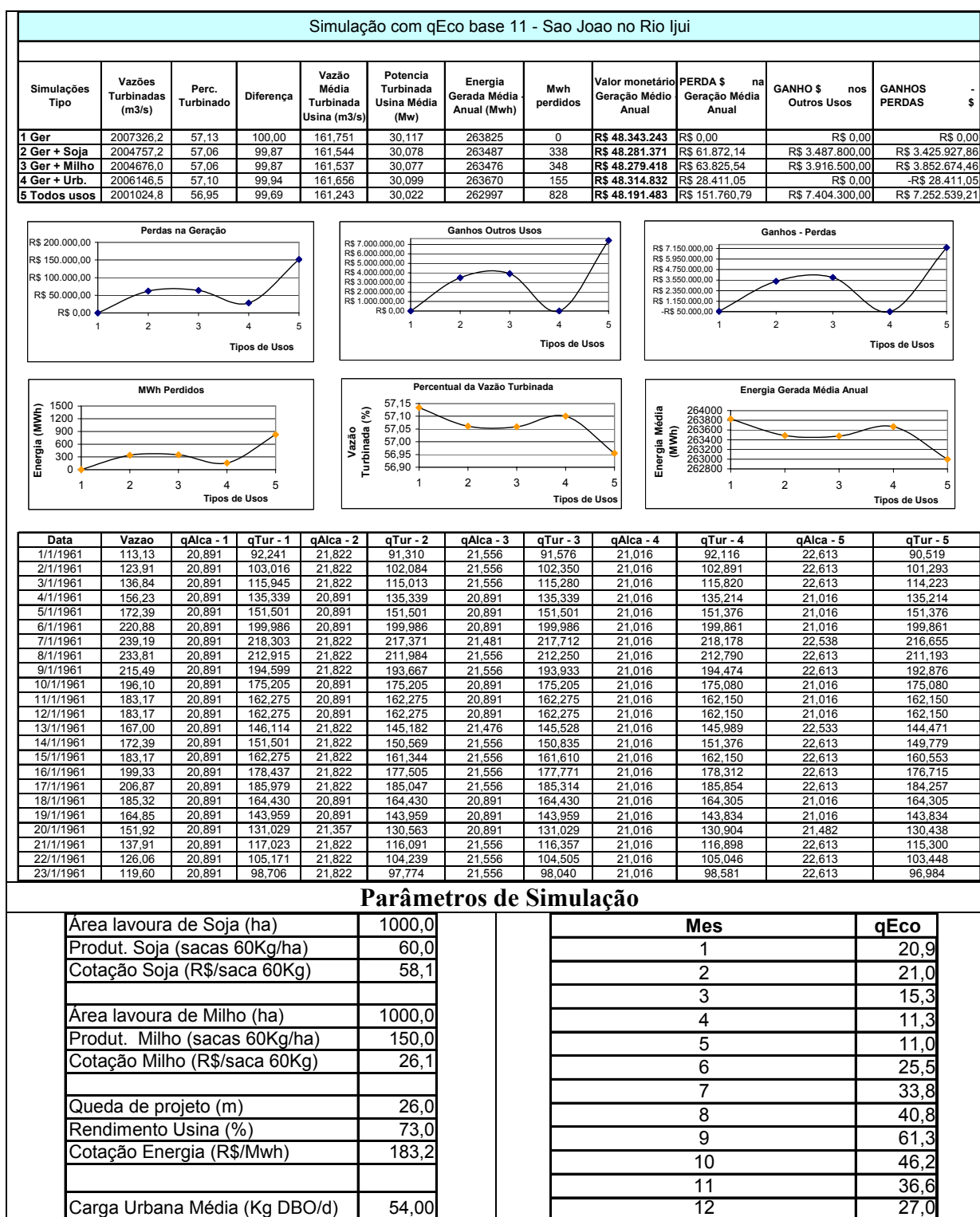
Cenário 52. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 15 m³/s.



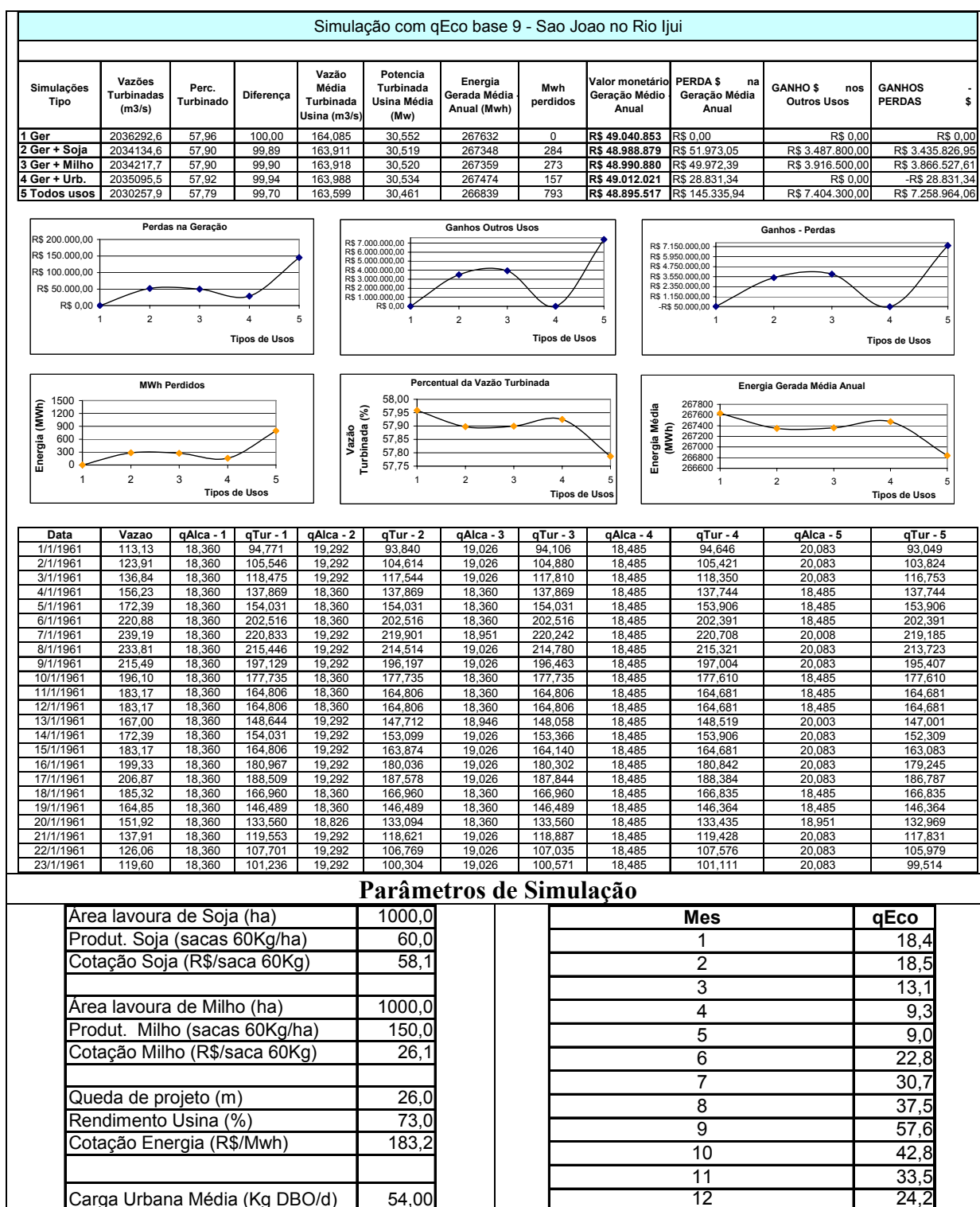
Cenário 53. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 13 m³/s.



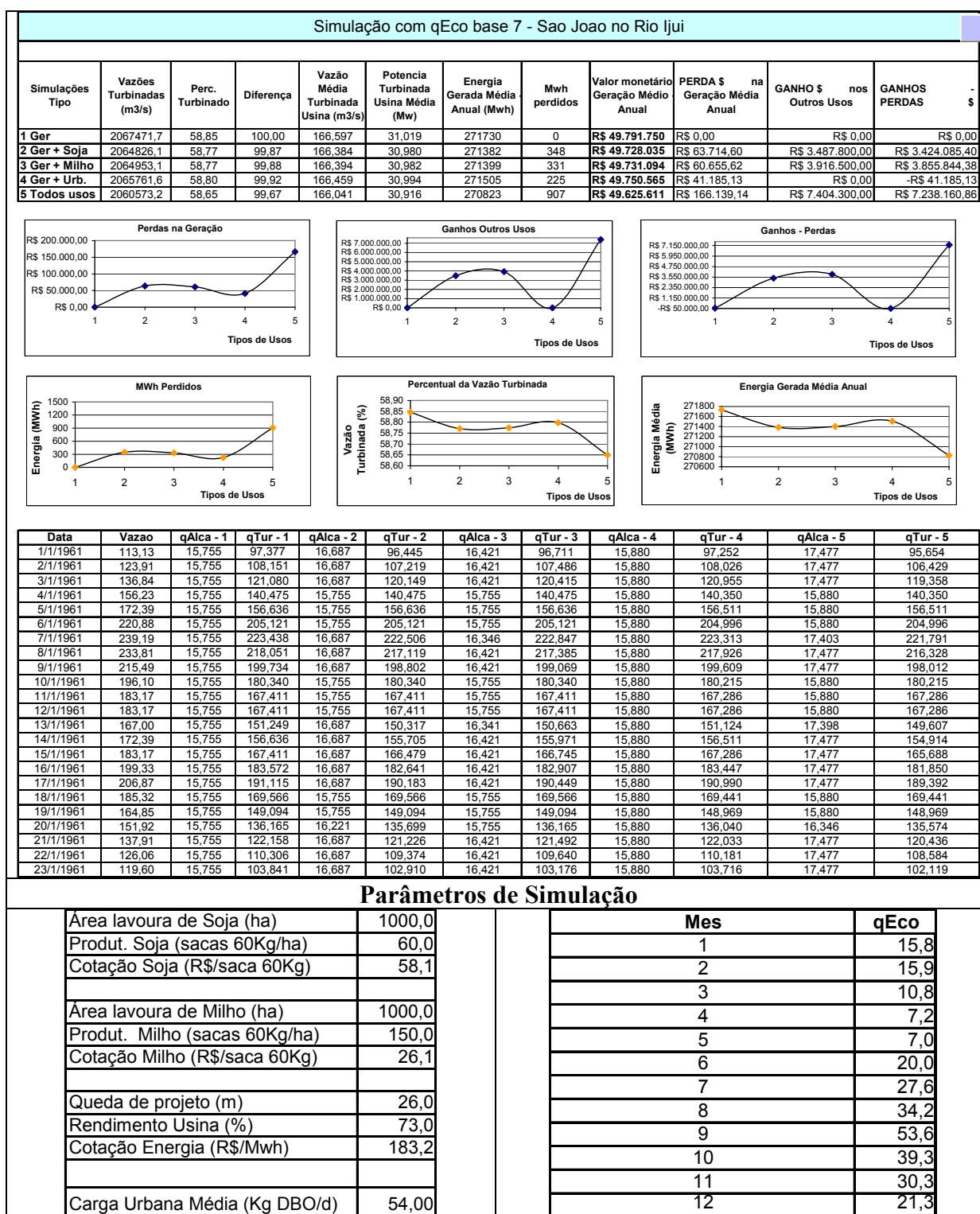
Cenário 54. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 11 m³/s.



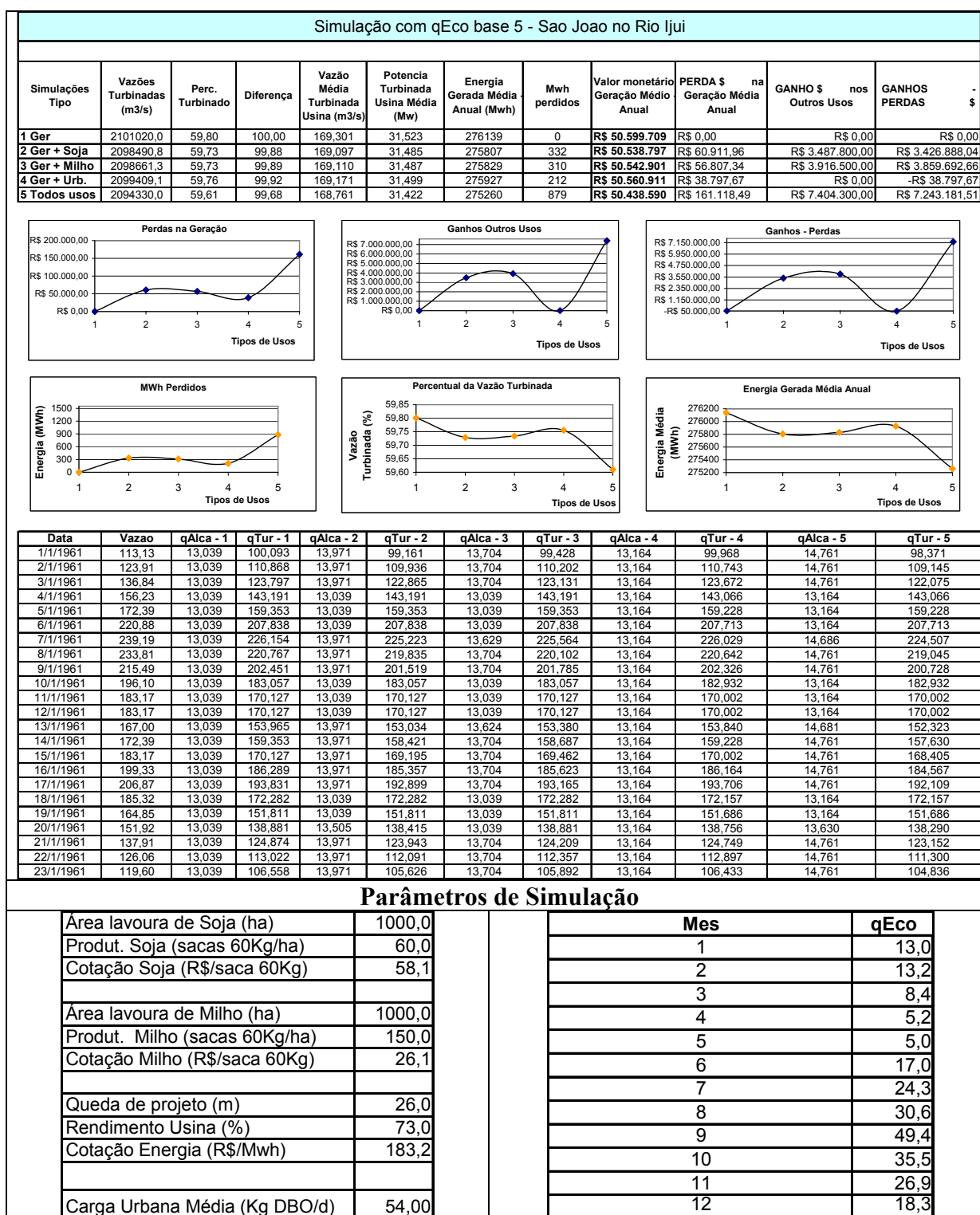
Cenário 55. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 9 m³/s.



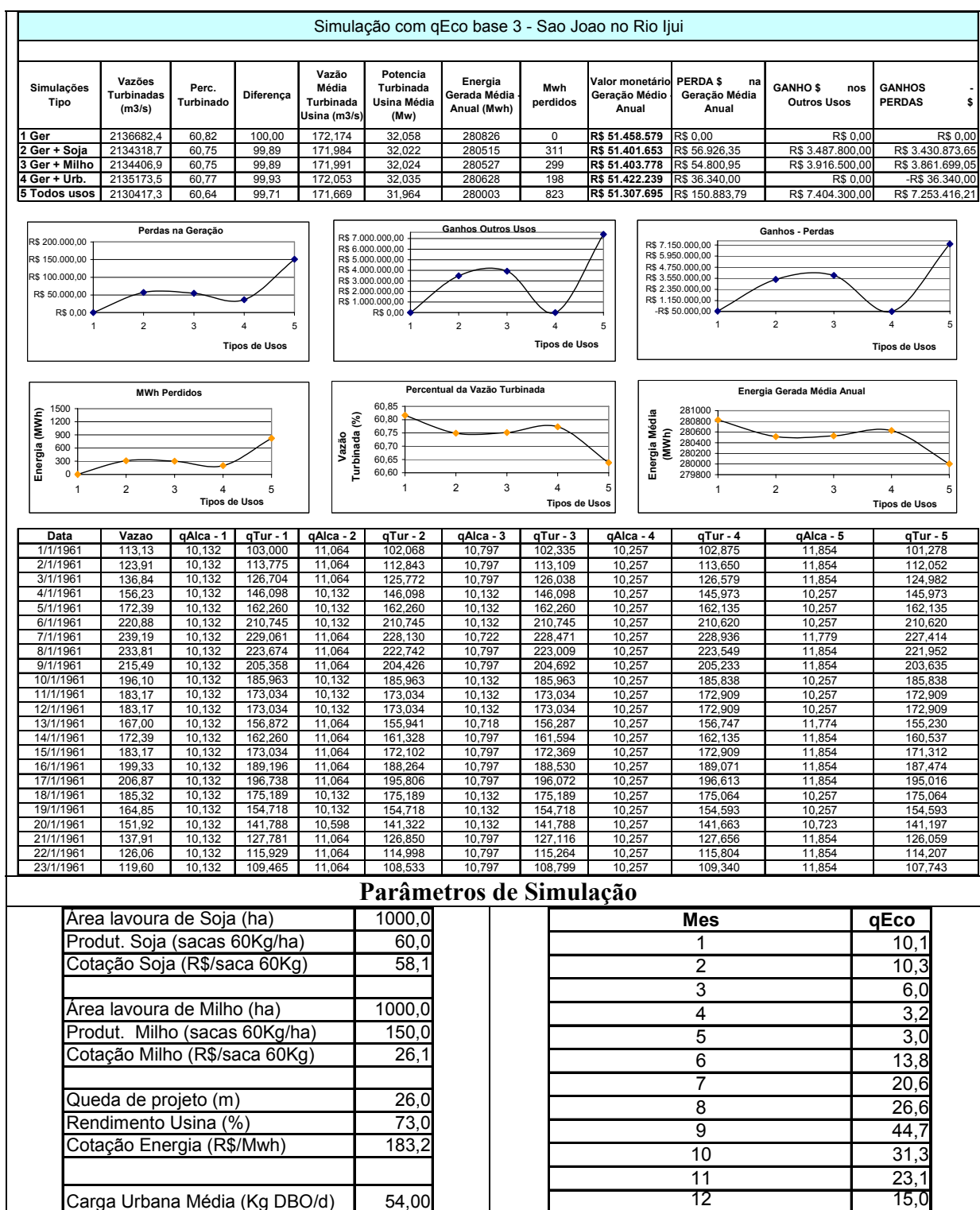
Cenário 56. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 7 m³/s.



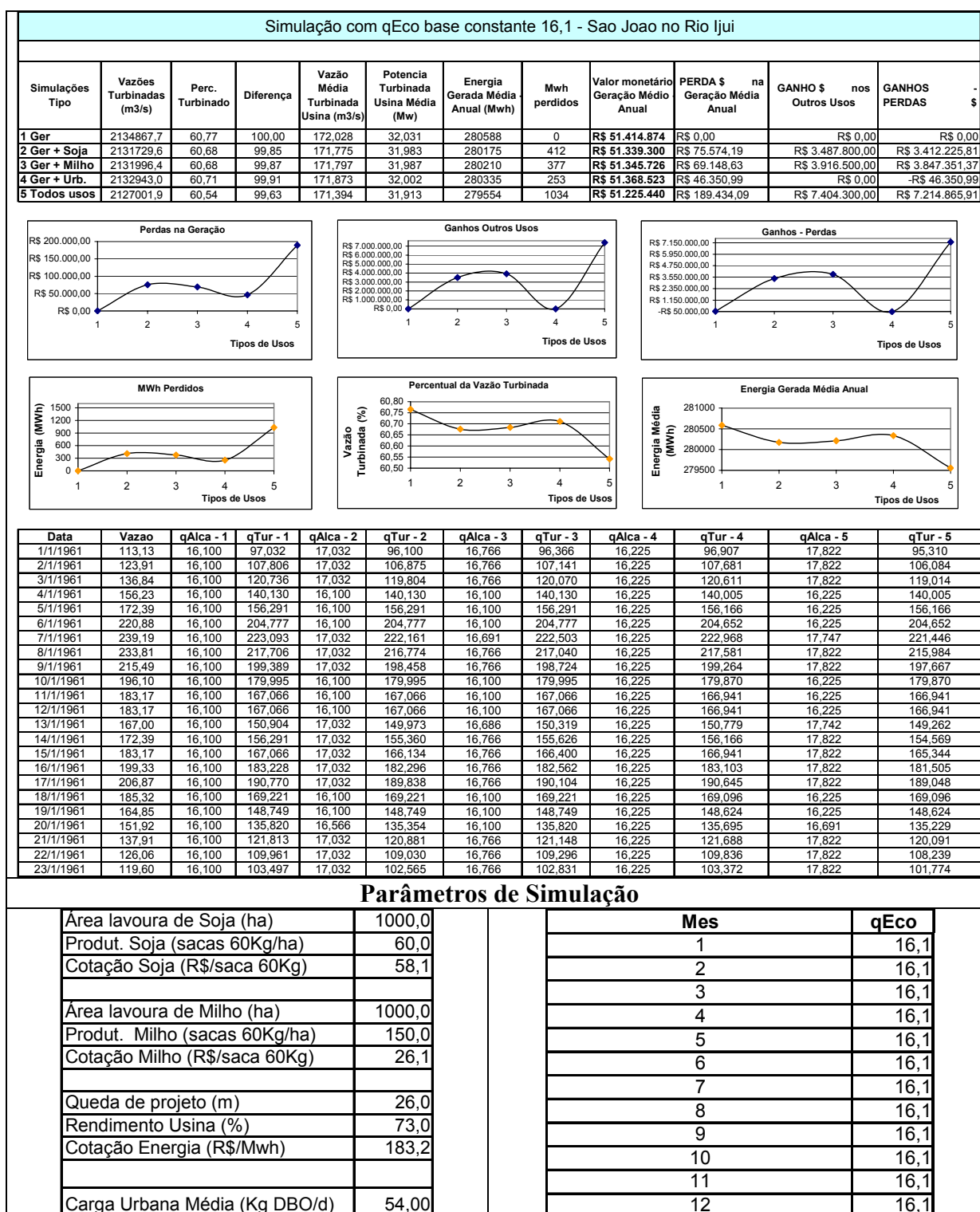
Cenário 57. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 5 m³/s.



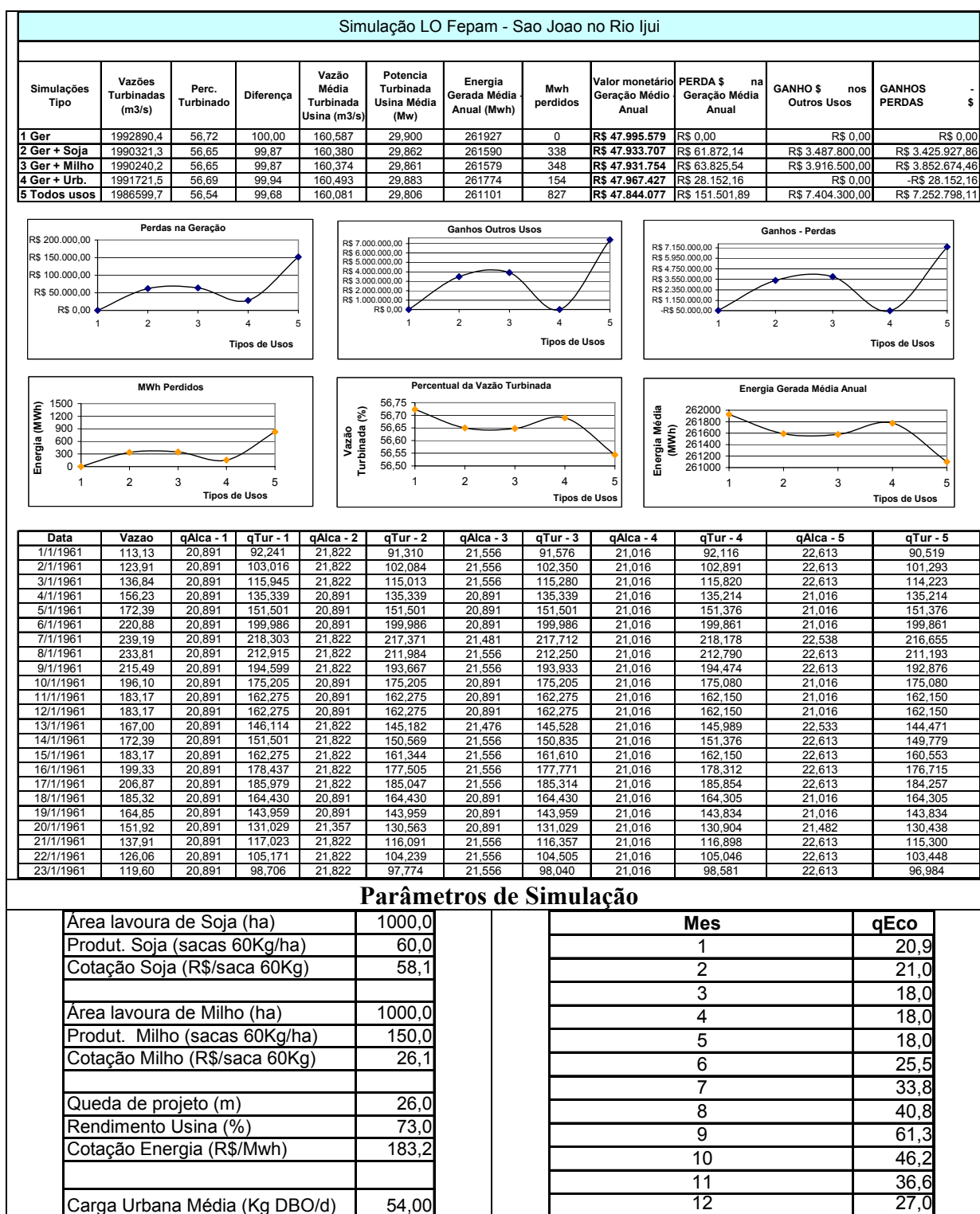
Cenário 58. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 3 m³/s.



Cenário 59. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco base 16,1 m³/s.

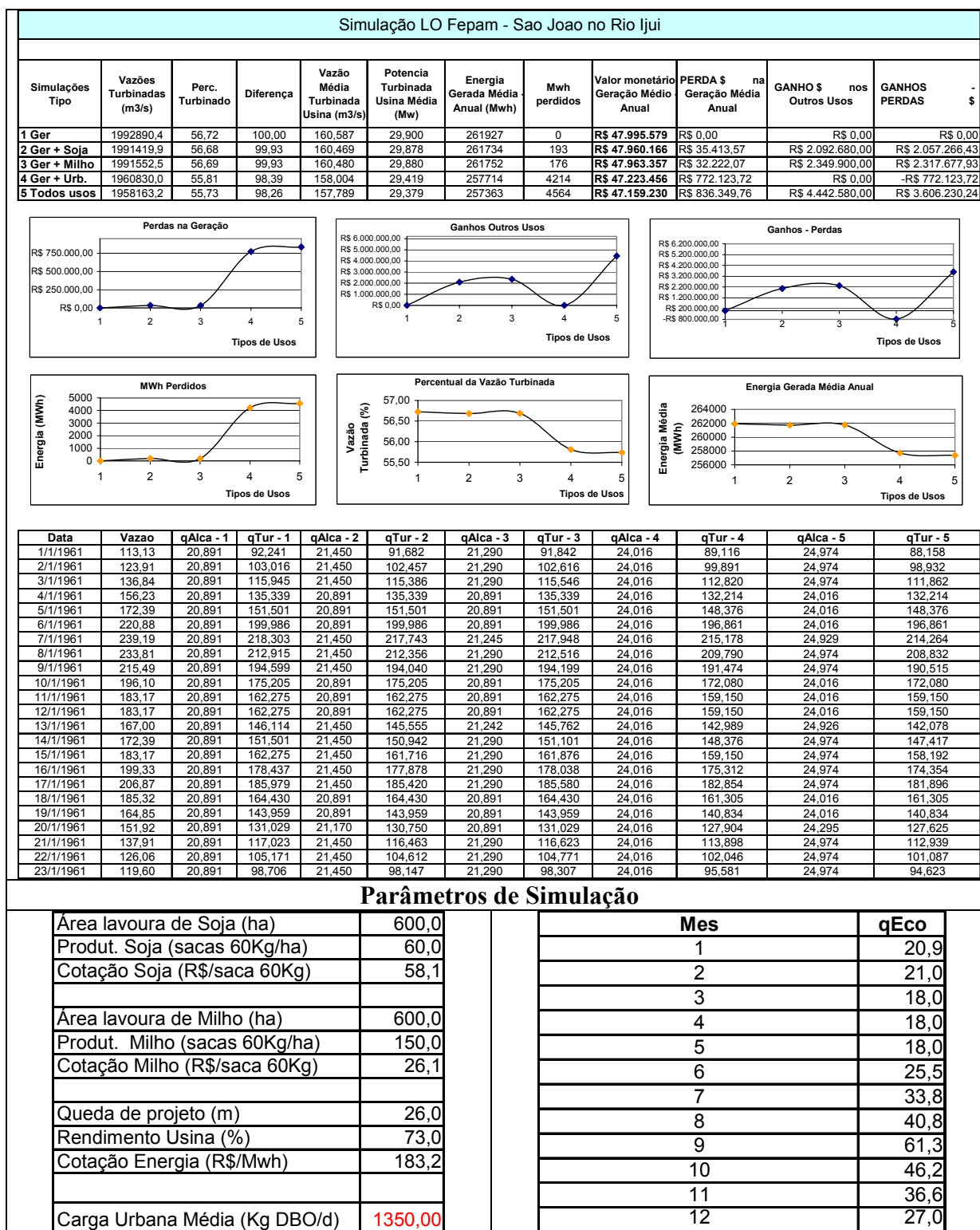


Cenário 60. Simulações com 1000ha de soja e 1000ha de milho e tratamento com remoção de 90% da carga de DBO de 10 mil habitantes e qEco LOFepam (m³/s).

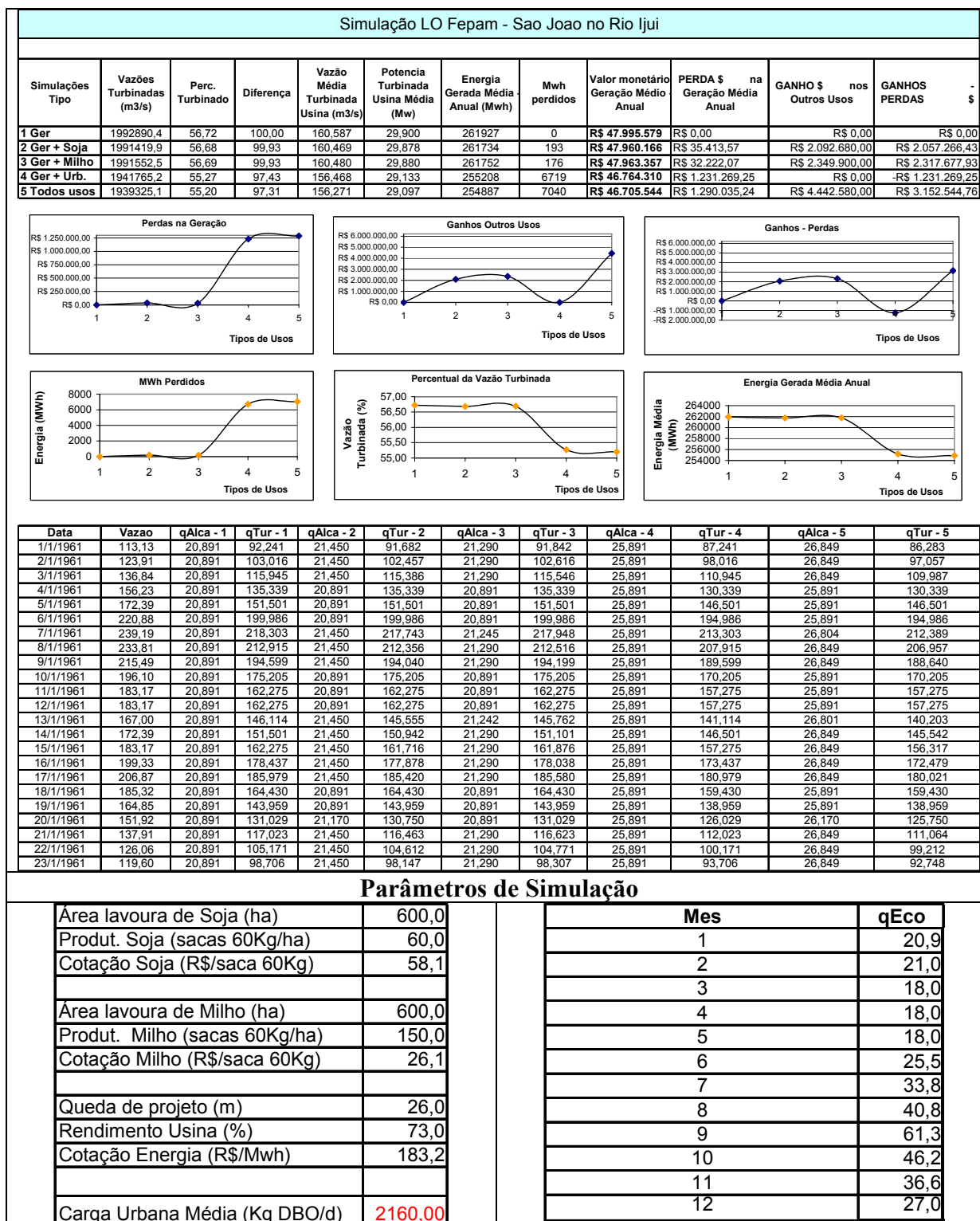


8 APÊNDICE 2 – AUMENTO DE POPULAÇÕES E DE ÁREAS

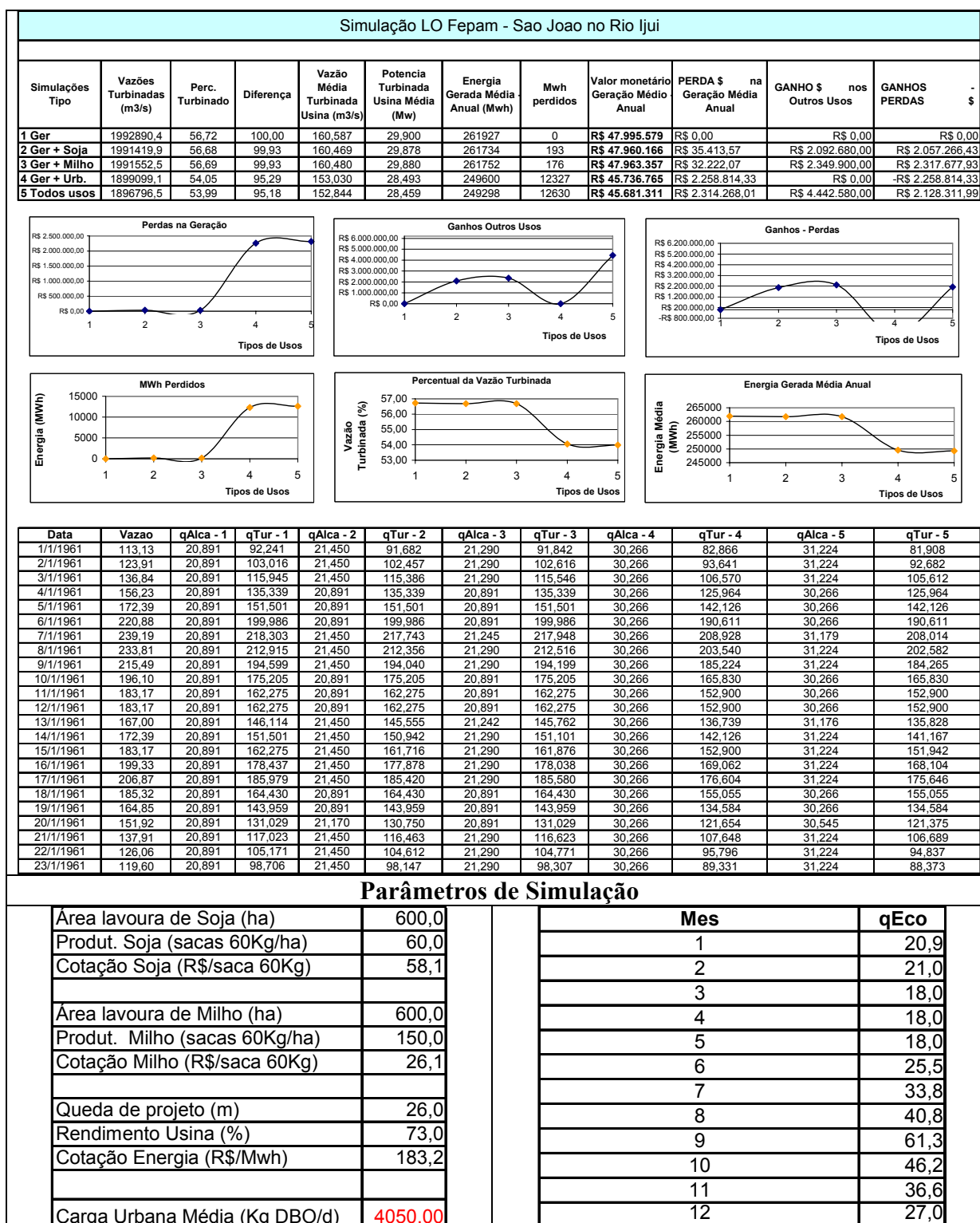
**Simulações com aumento da população e área de 600 hectares de soja e de milho.
Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 50 mil habitantes, remoção 50%.**



Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 80 mil habitantes, remoção 50%.

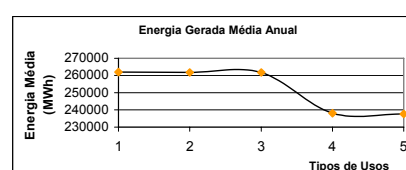
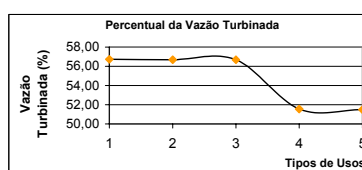
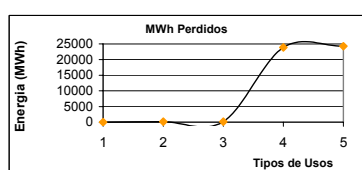
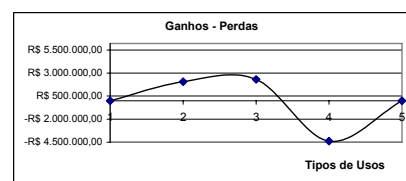
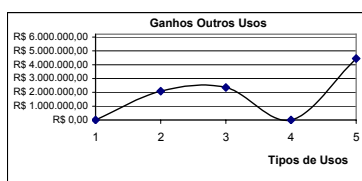
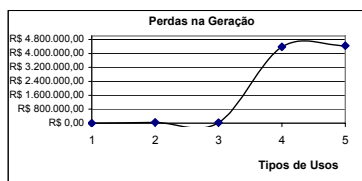


Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 150 mil habitantes, remoção 50%.



Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 300 mil habitantes, remoção 50%.

Simulação LO Fepam - Sao Joao no Rio Ijuí											
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m3/s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m3/s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS - PERDAS - \$
1 Ger	1992890,4	56,72	100,00	160,587	29,900	261927	0	R\$ 47.995.579	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2 Ger + Soja	1991419,9	56,68	99,93	160,469	29,878	261734	193	R\$ 47.960.166	R\$ 35.413,57	R\$ 2.092.680,00	R\$ 2.057.266,43
3 Ger + Milho	1991552,5	56,69	99,93	160,480	29,880	261752	176	R\$ 47.963.357	R\$ 32.222,07	R\$ 2.349.900,00	R\$ 2.317.677,93
4 Ger + Urb.	1811045,2	51,55	90,87	145,934	27,172	238027	23900	R\$ 43.616.128	R\$ 4.379.451,17	R\$ 0,00	-R\$ 4.379.451,17
5 Todos usos	1808410,9	51,47	90,74	145,722	27,133	237681	24246	R\$ 43.552.685	R\$ 4.442.894,59	R\$ 4.442.580,00	-R\$ 314,59

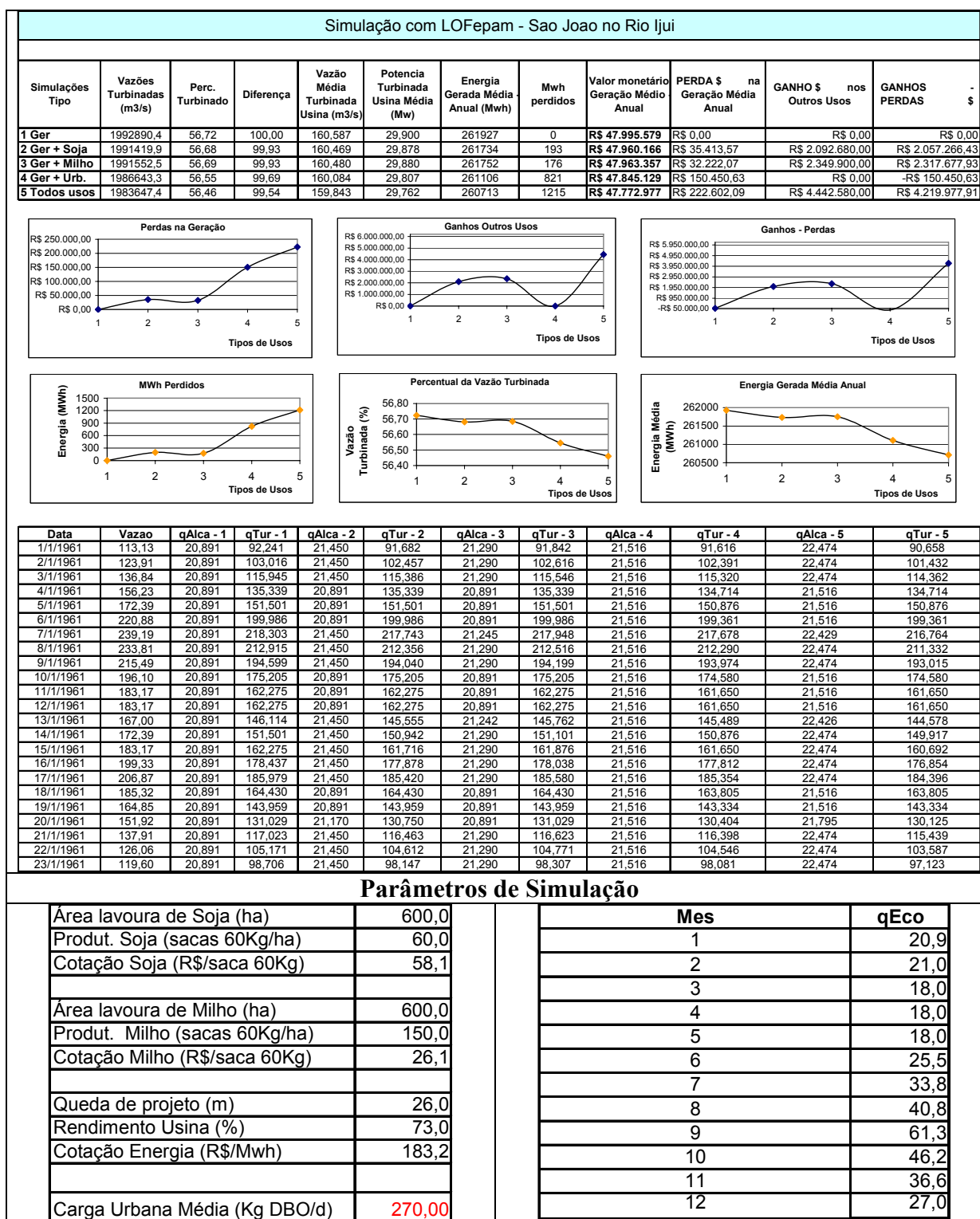


Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	20,891	92,241	21,450	91,682	21,290	91,842	39,641	73,491	40,599	72,533
2/1/1961	123,91	20,891	103,016	21,450	102,457	21,290	102,616	39,641	84,266	40,599	83,307
3/1/1961	136,84	20,891	115,945	21,450	115,386	21,290	115,546	39,641	97,195	40,599	96,237
4/1/1961	156,23	20,891	135,339	20,891	135,339	20,891	135,339	39,641	116,589	39,641	116,589
5/1/1961	172,39	20,891	151,501	20,891	151,501	20,891	151,501	39,641	132,751	39,641	132,751
6/1/1961	220,88	20,891	199,986	20,891	199,986	20,891	199,986	39,641	181,236	39,641	181,236
7/1/1961	239,19	20,891	218,303	21,450	217,743	21,245	217,948	39,641	199,553	40,554	198,639
8/1/1961	233,81	20,891	212,915	21,450	212,356	21,290	212,516	39,641	194,165	40,599	193,207
9/1/1961	215,49	20,891	194,599	21,450	194,040	21,290	194,199	39,641	175,849	40,599	174,890
10/1/1961	196,10	20,891	175,205	20,891	175,205	20,891	175,205	39,641	156,455	39,641	156,455
11/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	39,641	143,525	39,641	143,525
12/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	39,641	143,525	39,641	143,525
13/1/1961	167,00	20,891	146,114	21,450	145,555	21,242	145,762	39,641	127,364	40,551	126,453
14/1/1961	172,39	20,891	151,501	21,450	150,942	21,290	151,101	39,641	132,751	40,599	131,792
15/1/1961	183,17	20,891	162,275	21,450	161,716	21,290	161,876	39,641	143,525	40,599	142,567
16/1/1961	199,33	20,891	178,437	21,450	177,878	21,290	178,038	39,641	159,687	40,599	158,729
17/1/1961	206,87	20,891	185,979	21,450	185,420	21,290	185,580	39,641	167,229	40,599	166,271
18/1/1961	185,32	20,891	164,430	20,891	164,430	20,891	164,430	39,641	145,680	39,641	145,680
19/1/1961	164,85	20,891	143,959	20,891	143,959	20,891	143,959	39,641	125,209	39,641	125,209
20/1/1961	151,92	20,891	131,029	21,170	130,750	20,891	131,029	39,641	112,279	39,920	112,000
21/1/1961	137,91	20,891	117,023	21,450	116,463	21,290	116,623	39,641	98,273	40,599	97,314
22/1/1961	126,06	20,891	105,171	21,450	104,612	21,290	104,771	39,641	86,421	40,599	85,462
23/1/1961	119,60	20,891	98,706	21,450	98,147	21,290	98,307	39,641	79,956	40,599	78,998

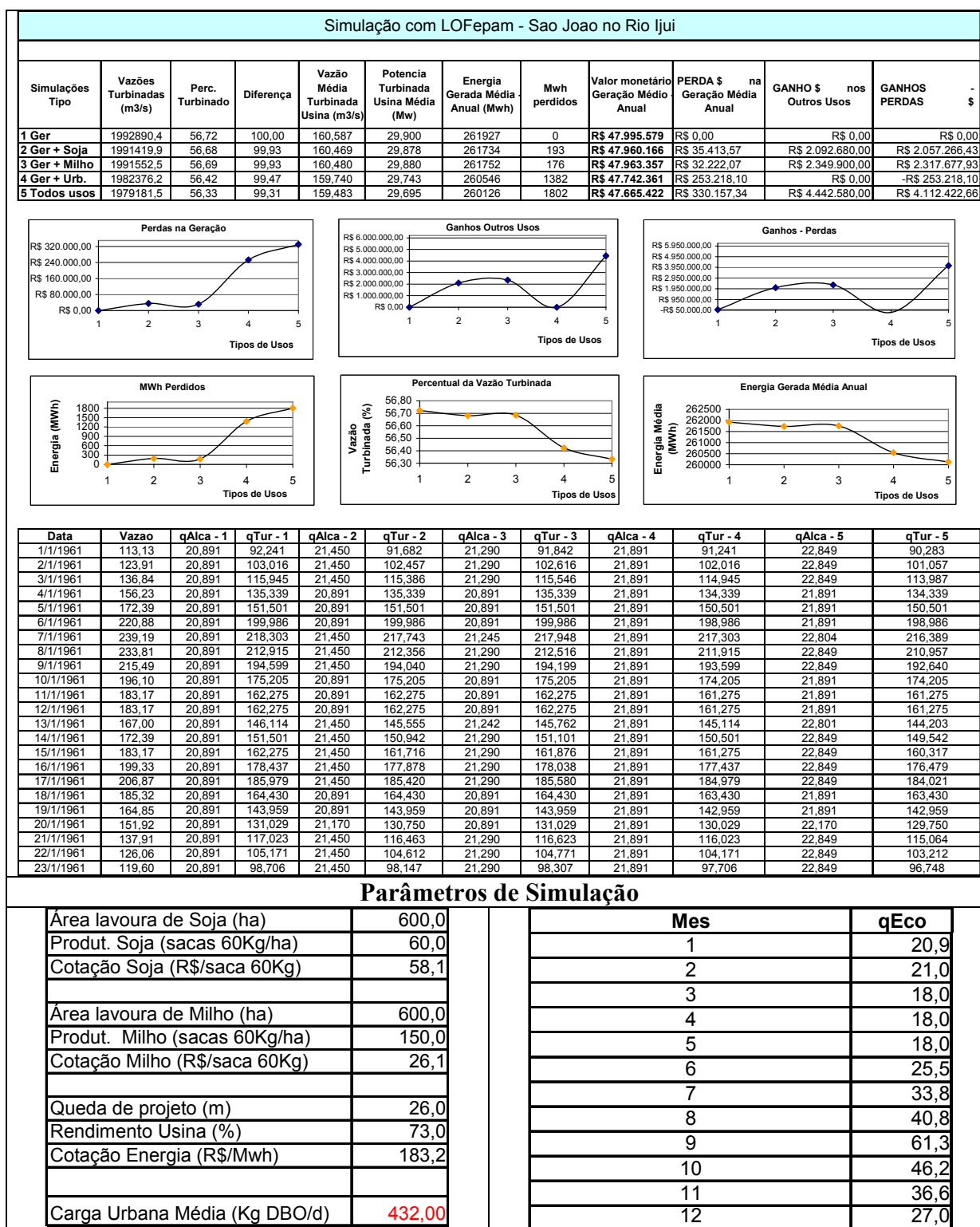
Parâmetros de Simulação

Área lavoura de Soja (ha)	600,0	Mes	qEco
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0	1	20,9
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1	2	21,0
		3	18,0
Área lavoura de Milho (ha)	600,0	4	18,0
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0	5	18,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1	6	25,5
		7	33,8
Queda de projeto (m)	26,0	8	40,8
Rendimento Usina (%)	73,0	9	61,3
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2	10	46,2
		11	36,6
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	8100,00	12	27,0

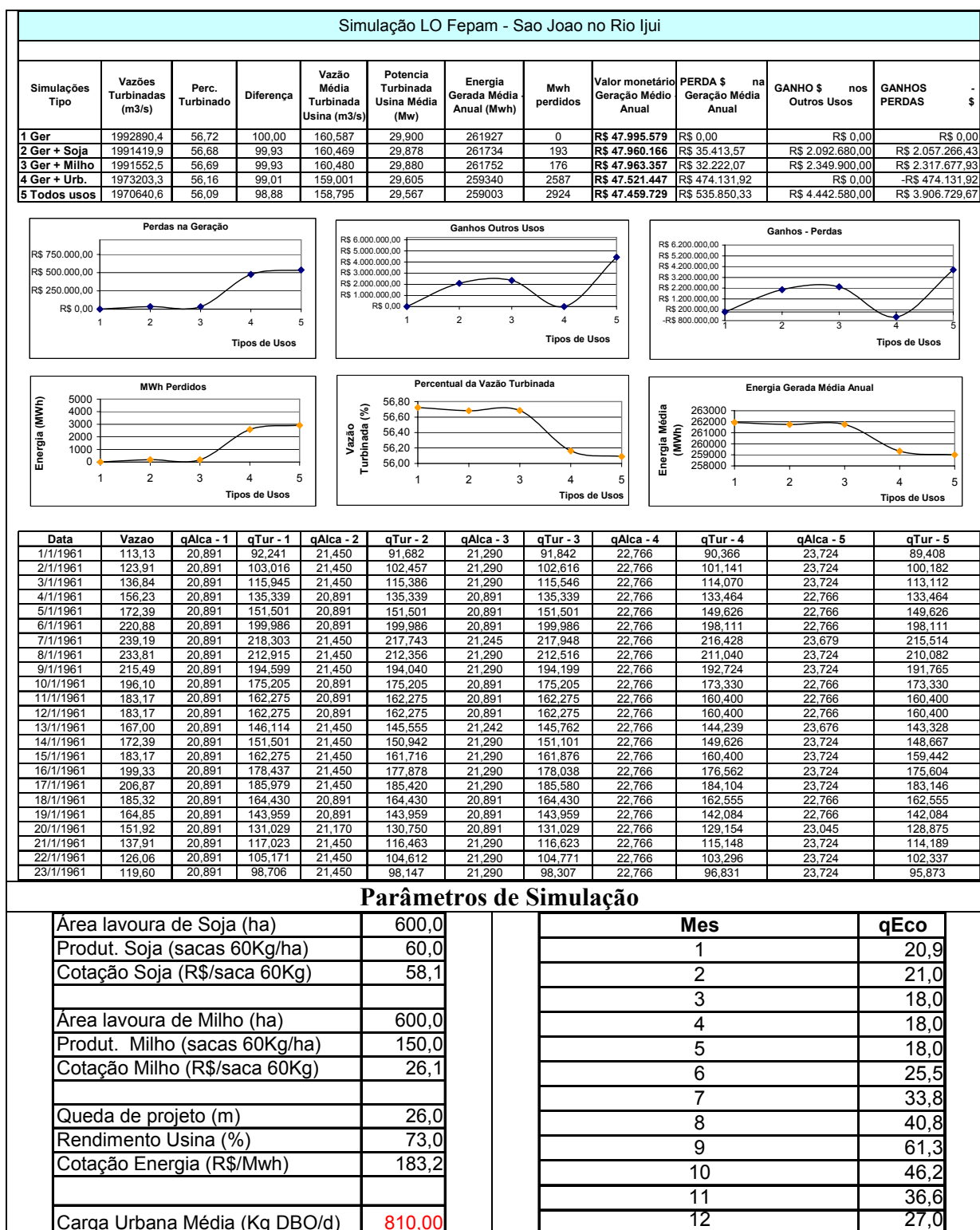
Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 50 mil habitantes, remoção 90%.



Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 80 mil habitantes, remoção 90%.

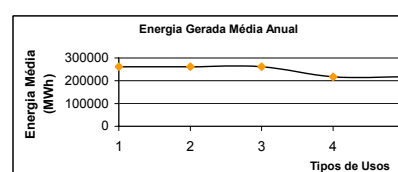
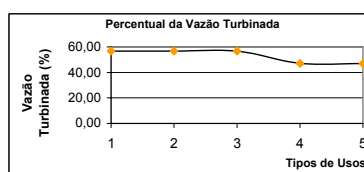
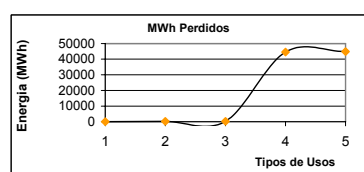
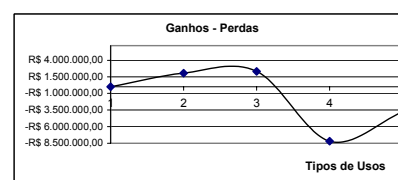
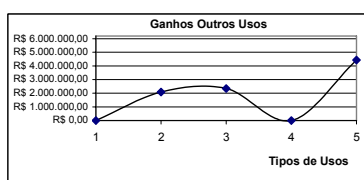
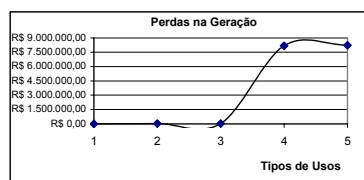


Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 150 mil habitantes, remoção 90%.



Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 600 mil habitantes, remoção 50%.

Simulação LO Fepam - Sao Joao no Rio Ijuí											
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m3/s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m3/s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS - PERDAS \$
1 Ger	1992890,4	56,72	100,00	160,587	29,900	261927	0	R\$ 47.995.579	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2 Ger + Soja	1991419,9	56,68	99,93	160,469	29,878	261734	193	R\$ 47.960.166	R\$ 35.413,57	R\$ 2.092.680,00	R\$ 2.057.266,43
3 Ger + Milho	1991552,5	56,69	99,93	160,480	29,880	261752	176	R\$ 47.963.357	R\$ 32.222,07	R\$ 2.349.900,00	R\$ 2.317.677,93
4 Ger + Urb.	1653561,7	47,06	82,97	133,244	24,809	217329	44598	R\$ 39.823.390	R\$ 8.172.188,99	R\$ 0,00	-R\$ 8.172.188,99
5 Todos usos	1651301,5	47,00	82,86	133,062	24,775	217032	44895	R\$ 39.768.957	R\$ 8.226.622,69	R\$ 4.442.580,00	-R\$ 3.784.042,69



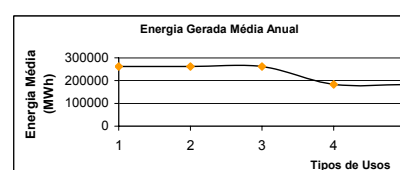
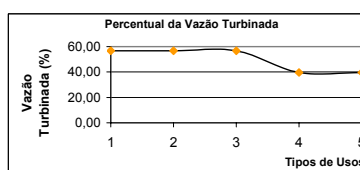
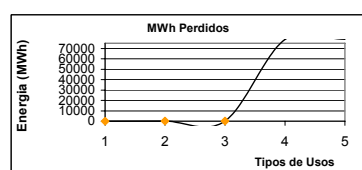
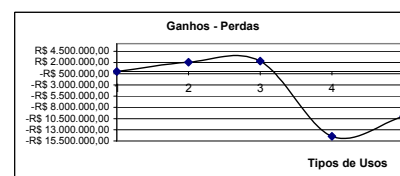
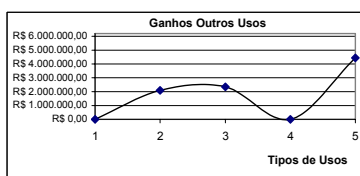
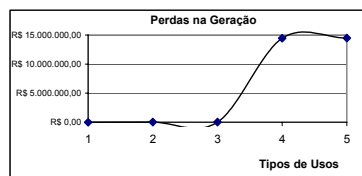
Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	20,891	92,241	21,450	91,682	21,290	91,842	58,391	54,741	59,349	53,783
2/1/1961	123,91	20,891	103,016	21,450	102,457	21,290	102,616	58,391	65,516	59,349	64,557
3/1/1961	136,84	20,891	115,945	21,450	115,386	21,290	115,546	58,391	78,445	59,349	77,487
4/1/1961	156,23	20,891	135,339	20,891	135,339	20,891	135,339	58,391	97,839	58,391	97,839
5/1/1961	172,39	20,891	151,501	20,891	151,501	20,891	151,501	58,391	114,001	58,391	114,001
6/1/1961	220,88	20,891	199,986	20,891	199,986	20,891	199,986	58,391	162,486	58,391	162,486
7/1/1961	239,19	20,891	218,303	21,450	217,743	21,245	217,948	58,391	180,803	59,304	179,889
8/1/1961	233,81	20,891	212,915	21,450	212,356	21,290	212,516	58,391	175,415	59,349	174,457
9/1/1961	215,49	20,891	194,599	21,450	194,040	21,290	194,199	58,391	157,099	59,349	156,140
10/1/1961	196,10	20,891	175,205	20,891	175,205	20,891	175,205	58,391	137,705	58,391	137,705
11/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	58,391	124,775	58,391	124,775
12/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	58,391	124,775	58,391	124,775
13/1/1961	167,00	20,891	146,114	21,450	145,555	21,242	145,762	58,391	108,614	59,301	107,703
14/1/1961	172,39	20,891	151,501	21,450	150,942	21,290	151,101	58,391	114,001	59,349	113,042
15/1/1961	183,17	20,891	162,275	21,450	161,716	21,290	161,876	58,391	124,775	59,349	123,817
16/1/1961	199,33	20,891	178,437	21,450	177,878	21,290	178,038	58,391	140,937	59,349	139,979
17/1/1961	206,87	20,891	185,979	21,450	185,420	21,290	185,580	58,391	148,479	59,349	147,521
18/1/1961	185,32	20,891	164,430	20,891	164,430	20,891	164,430	58,391	126,930	58,391	126,930
19/1/1961	164,85	20,891	143,959	20,891	143,959	20,891	143,959	58,391	106,459	58,391	106,459
20/1/1961	151,92	20,891	131,029	21,170	130,750	20,891	131,029	58,391	93,529	58,670	93,250
21/1/1961	137,91	20,891	117,023	21,450	116,463	21,290	116,623	58,391	79,523	59,349	78,564
22/1/1961	126,06	20,891	105,171	21,450	104,612	21,290	104,771	58,391	67,671	59,349	66,712
23/1/1961	119,60	20,891	98,706	21,450	98,147	21,290	98,307	58,391	61,206	59,349	60,248

Parâmetros de Simulação

Área lavoura de Soja (ha)	600,0		Mes	qEco
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0			
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1			
Área lavoura de Milho (ha)	600,0		Mes	qEco
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0			
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1			
Queda de projeto (m)	26,0		Mes	qEco
Rendimento Usina (%)	73,0			
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2			
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	16200,00		12	27,0

Simulação: 600 ha de soja e 600 ha de milho, com 1,2 milhão habitantes, remoção 50%.

Simulação LO Fepam - Sao Joao no Rio Ijuí											
Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m3/s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m3/s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS - PERDAS \$
1 Ger	1992890,4	56,72	100,00	160,587	29,900	261927	0	R\$ 47.995.579	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
2 Ger + Soja	1991419,9	56,68	99,93	160,469	29,878	261734	193	R\$ 47.960.166	R\$ 35.413,57	R\$ 2.092.680,00	R\$ 2.057.266,43
3 Ger + Milho	1991552,5	56,69	99,93	160,480	29,880	261752	176	R\$ 47.963.357	R\$ 32.222,07	R\$ 2.349.900,00	R\$ 2.317.677,93
4 Ger + Urb.	1393728,4	39,67	69,93	112,307	20,911	183179	78748	R\$ 33.565.720	R\$ 14.429.859,61	R\$ 0,00	-R\$ 14.429.859,61
5 Todos usos	1392238,9	39,63	69,86	112,187	20,888	182983	78944	R\$ 33.529.848	R\$ 14.465.730,83	R\$ 4.442.580,00	-R\$ 10.023.150,83

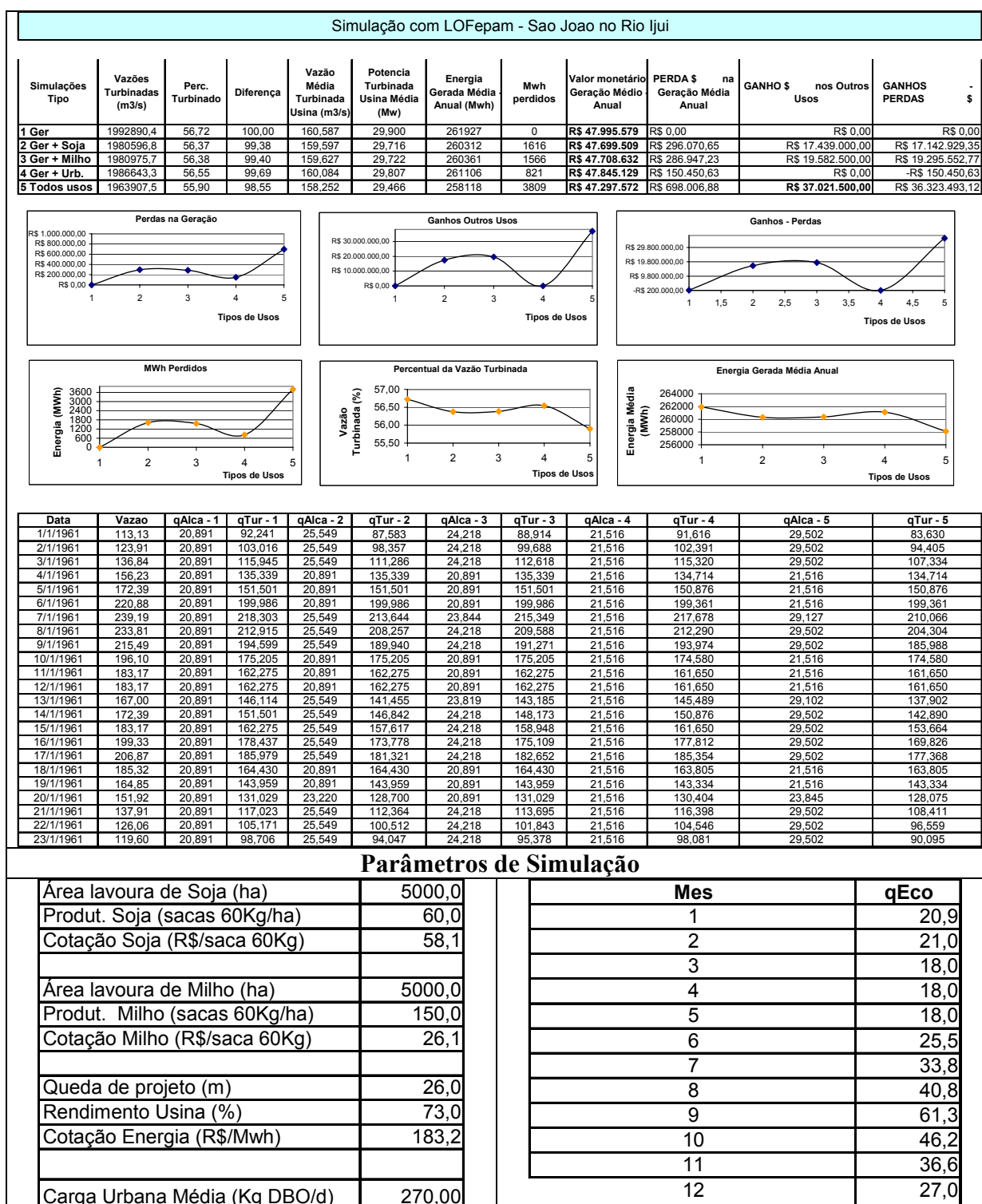


Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	20,891	92,241	21,450	91,682	21,290	91,842	113,132	0,000	113,132	0,000
2/1/1961	123,91	20,891	103,016	21,450	102,457	21,290	102,616	123,906	0,000	123,906	0,000
3/1/1961	136,84	20,891	115,945	21,450	115,386	21,290	115,546	136,836	0,000	136,836	0,000
4/1/1961	156,23	20,891	135,339	20,891	135,339	20,891	135,339	95,891	60,339	95,891	60,339
5/1/1961	172,39	20,891	151,501	20,891	151,501	20,891	151,501	95,891	76,501	95,891	76,501
6/1/1961	220,88	20,891	199,986	20,891	199,986	20,891	199,986	95,891	124,986	95,891	124,986
7/1/1961	239,19	20,891	218,303	21,450	217,743	21,245	217,948	95,891	143,303	96,804	142,389
8/1/1961	233,81	20,891	212,915	21,450	212,356	21,290	212,516	95,891	137,915	96,849	136,957
9/1/1961	215,49	20,891	194,599	21,450	194,040	21,290	194,199	95,891	119,599	96,849	118,640
10/1/1961	196,10	20,891	175,205	20,891	175,205	20,891	175,205	95,891	100,205	95,891	100,205
11/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	95,891	87,275	95,891	87,275
12/1/1961	183,17	20,891	162,275	20,891	162,275	20,891	162,275	95,891	87,275	95,891	87,275
13/1/1961	167,00	20,891	146,114	21,450	145,555	21,242	145,762	95,891	71,114	96,801	70,203
14/1/1961	172,39	20,891	151,501	21,450	150,942	21,290	151,101	95,891	76,501	96,849	75,542
15/1/1961	183,17	20,891	162,275	21,450	161,716	21,290	161,876	95,891	87,275	96,849	86,317
16/1/1961	199,33	20,891	178,437	21,450	177,878	21,290	178,038	95,891	103,437	96,849	102,479
17/1/1961	206,87	20,891	185,979	21,450	185,420	21,290	185,580	95,891	110,979	96,849	110,021
18/1/1961	185,32	20,891	164,430	20,891	164,430	20,891	164,430	95,891	89,430	95,891	89,430
19/1/1961	164,85	20,891	143,959	20,891	143,959	20,891	143,959	95,891	68,959	95,891	68,959
20/1/1961	151,92	20,891	131,029	21,170	130,750	20,891	131,029	95,891	56,029	96,170	55,750
21/1/1961	137,91	20,891	117,023	21,450	116,463	21,290	116,623	95,891	42,023	96,849	41,064
22/1/1961	126,06	20,891	105,171	21,450	104,612	21,290	104,771	126,061	0,000	126,061	0,000
23/1/1961	119,60	20,891	98,706	21,450	98,147	21,290	98,307	119,597	0,000	119,597	0,000

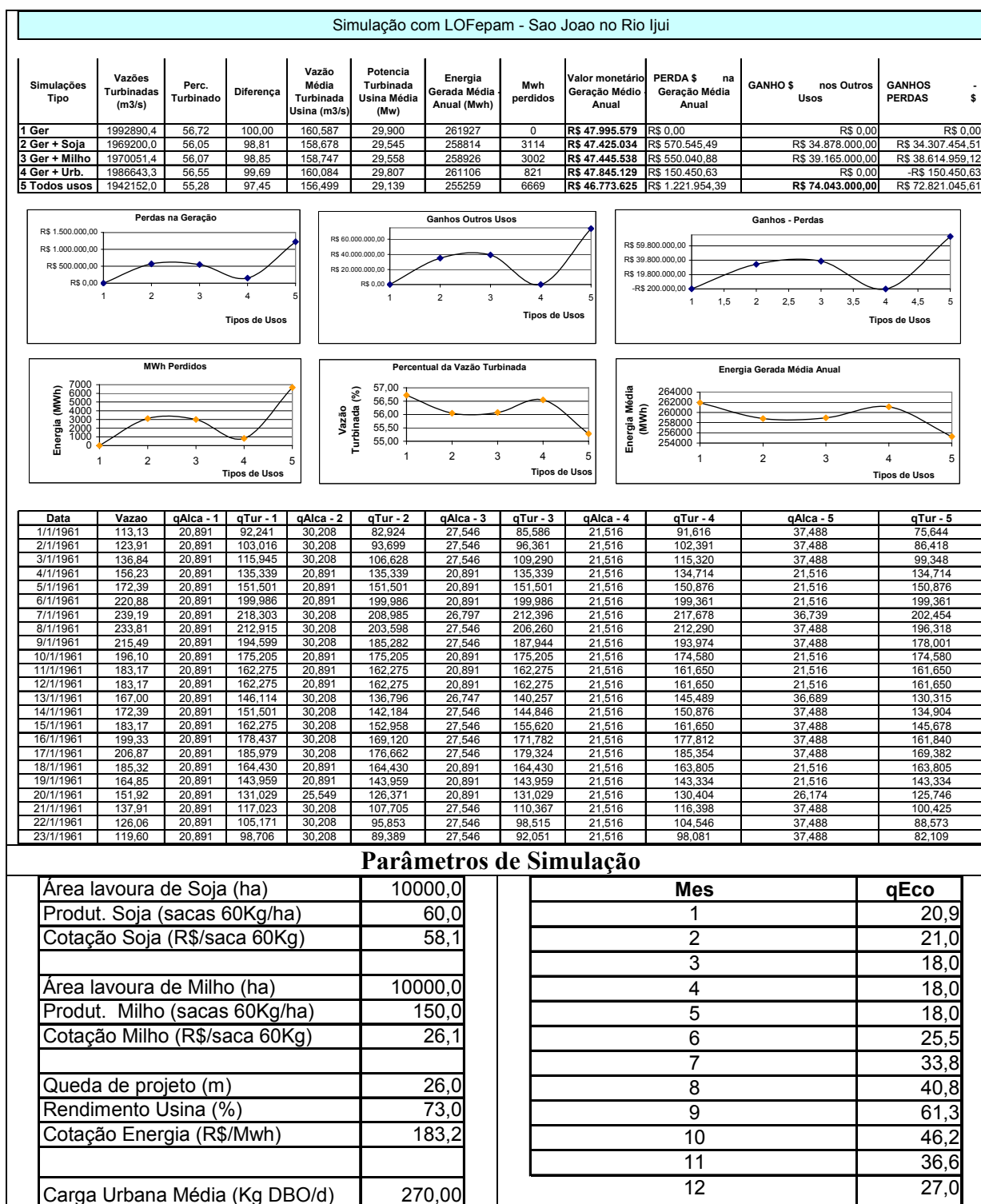
Parâmetros de Simulação

Área lavoura de Soja (ha)	600,0	Mes	qEco	
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0			
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1	1		20,9
		2		21,0
		3		18,0
Área lavoura de Milho (ha)	600,0	4		18,0
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0	5		18,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1	6		25,5
		7		33,8
Queda de projeto (m)	26,0	8		40,8
Rendimento Usina (%)	73,0	9		61,3
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2	10		46,2
		11	36,6	
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	32400,00	12	27,0	

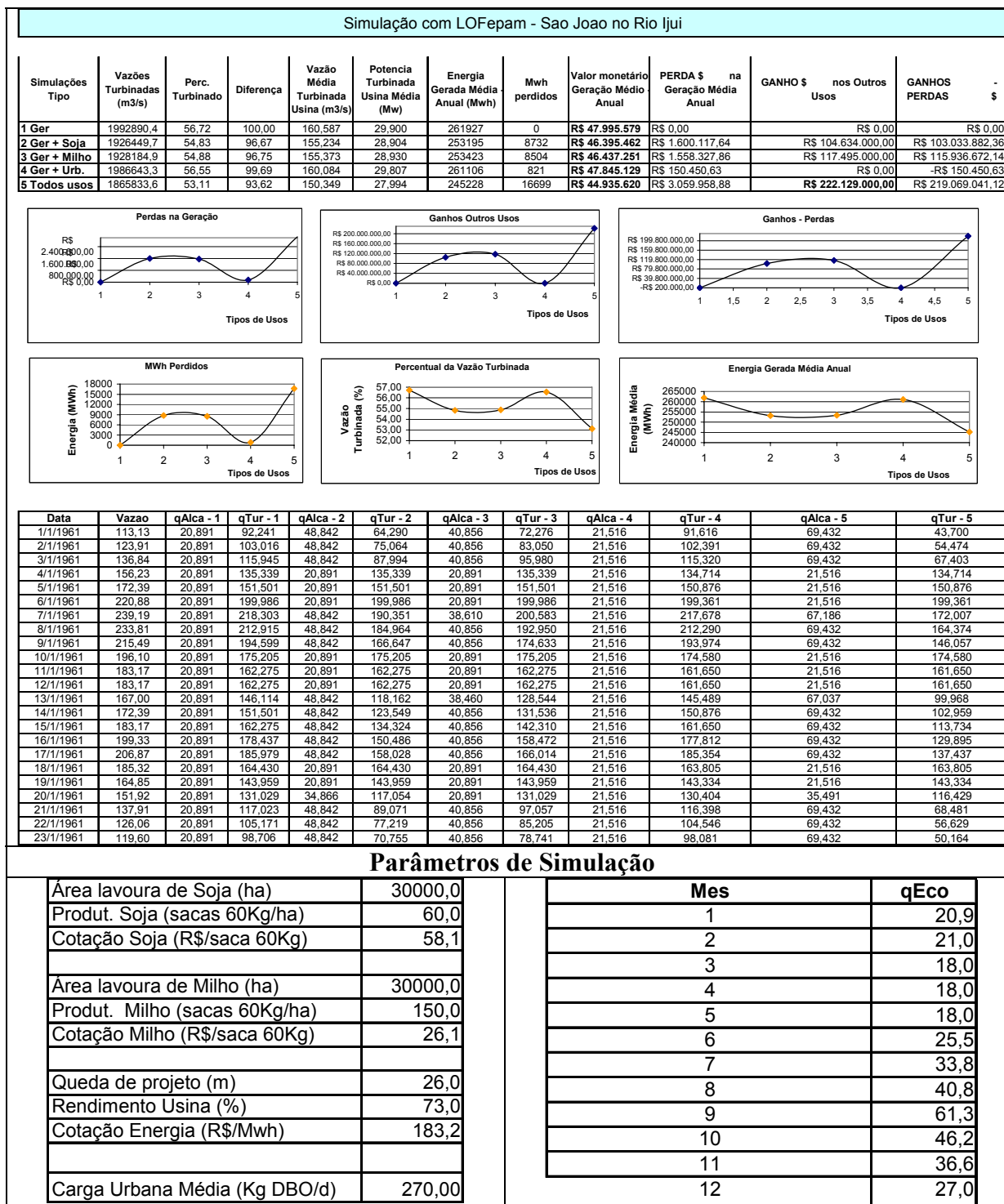
**Simulações com aumento expressivo das áreas e população de 10 mil habitantes.
Simulação: 10 mil habitantes, remoção 50%, com 5 mil hectares de soja e de milho.**



Simulação: 10 mil habitantes, remoção 50%, com 10 mil hectares de soja e de milho.



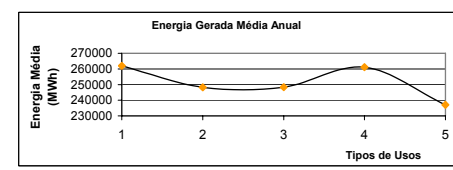
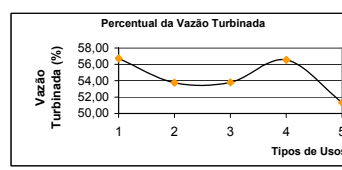
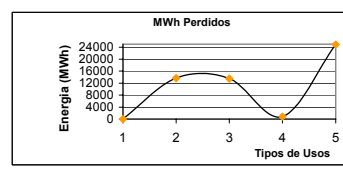
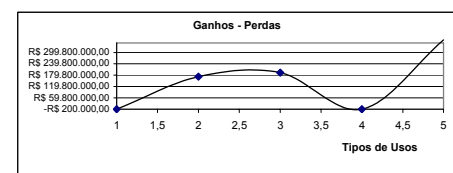
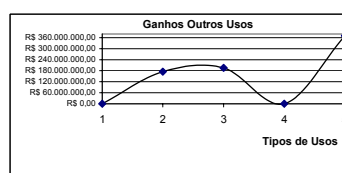
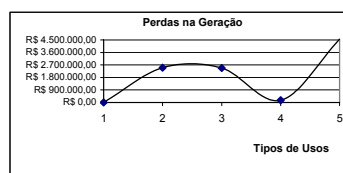
Simulação: 10 mil habitantes, remoção 50%, com 30 mil hectares de soja e de milho.



Simulação: 10 mil habitantes, remoção 50%, com 50 mil hectares de soja e de milho.

Simulação com LOFepam - Sao Joao no Rio Ijuí

Simulações Tipo	Vazões Turbinadas (m3/s)	Perc. Turbinado	Diferença	Vazão Média Turbinada Usina (m3/s)	Potencia Turbinada Usina Média (Mw)	Energia Gerada Média Anual (Mwh)	Mwh perdidos	Valor monetário Geração Médio Anual	PERDA \$ na Geração Média Anual	GANHO \$ nos Outros Usos	GANHOS PERDAS \$
1 Ger	1992890.4	56.72	100.00	160.587	29.900	261927	0	R\$ 47.995.679	R\$ 0.00	R\$ 0.00	R\$ 0.00
2 Ger + Soja	1888896.3	53.76	94.78	152.208	28.340	248259	13668	R\$ 45.491.049	R\$ 2.504.530.66	R\$ 174.390.000,00	R\$ 171.885.469,34
3 Ger + Milho	1890012.4	53.80	94.84	152.298	28.357	248406	13521	R\$ 45.517.928	R\$ 2.477.651.51	R\$ 195.825.000,00	R\$ 193.347.348,49
4 Ger + Urb.	1986643.3	56.55	99.69	160.084	29.807	261106	821	R\$ 47.845.129	R\$ 150.450,63	R\$ 0,00	-R\$ 150.450,63
5 Todos usos	1803387.7	51.33	90.49	145,317	27,057	237021	24907	R\$ 43.431.710	R\$ 4.563.869,64	R\$ 370.215.000,00	R\$ 365.651.130,36



Data	Vazao	qAlca - 1	qTur - 1	qAlca - 2	qTur - 2	qAlca - 3	qTur - 3	qAlca - 4	qTur - 4	qAlca - 5	qTur - 5
1/1/1961	113,13	20,891	92,241	67,476	45,656	54,166	58,966	21,516	91,616	113,132	0,000
2/1/1961	123,91	20,891	103,016	67,476	56,430	54,166	69,740	21,516	102,391	123,906	0,000
3/1/1961	136,84	20,891	115,945	67,476	69,359	54,166	82,670	21,516	115,320	136,836	0,000
4/1/1961	156,23	20,891	135,339	67,476	103,463	54,166	118,225	21,516	134,714	156,230	0,000
5/1/1961	172,39	20,891	151,501	67,476	135,339	54,166	161,323	21,516	150,876	172,390	0,000
6/1/1961	220,88	20,891	199,986	67,476	199,986	54,166	248,259	21,516	199,361	220,880	0,000
7/1/1961	239,19	20,891	218,303	67,476	171,717	50,423	188,771	21,516	217,678	239,190	0,000
8/1/1961	233,81	20,891	212,915	67,476	166,330	54,166	179,640	21,516	212,290	233,810	0,000
9/1/1961	215,49	20,891	194,599	67,476	148,013	54,166	161,323	21,516	193,974	215,490	0,000
10/1/1961	196,10	20,891	175,205	67,476	175,205	20,891	175,205	21,516	174,580	196,100	0,000
11/1/1961	183,17	20,891	162,275	67,476	162,275	20,891	162,275	21,516	161,650	183,170	0,000
12/1/1961	183,17	20,891	162,275	67,476	162,275	20,891	162,275	21,516	161,650	183,170	0,000
13/1/1961	167,00	20,891	146,114	67,476	99,528	50,173	116,831	21,516	145,489	167,000	0,000
14/1/1961	172,39	20,891	151,501	67,476	104,915	54,166	118,225	21,516	150,876	172,390	0,000
15/1/1961	183,17	20,891	162,275	67,476	115,690	54,166	129,000	21,516	161,650	183,170	0,000
16/1/1961	199,33	20,891	178,437	67,476	131,851	54,166	145,162	21,516	177,812	199,330	0,000
17/1/1961	206,87	20,891	185,979	67,476	139,393	54,166	152,704	21,516	185,354	206,870	0,000
18/1/1961	185,32	20,891	164,430	67,476	164,430	20,891	164,430	21,516	163,805	185,320	0,000
19/1/1961	164,85	20,891	143,959	67,476	143,959	20,891	143,959	21,516	143,334	164,850	0,000
20/1/1961	151,92	20,891	131,029	67,476	107,736	20,891	131,029	21,516	130,404	151,920	0,000
21/1/1961	137,91	20,891	117,023	67,476	70,437	54,166	83,747	21,516	116,398	137,910	0,000
22/1/1961	126,06	20,891	105,171	67,476	58,585	54,166	71,895	21,516	104,546	126,060	0,000
23/1/1961	119,60	20,891	98,706	67,476	52,120	54,166	65,430	21,516	98,081	119,597	0,000

Parâmetros de Simulação

Área lavoura de Soja (ha)	50000,0
Produt. Soja (sacas 60Kg/ha)	60,0
Cotação Soja (R\$/saca 60Kg)	58,1
Área lavoura de Milho (ha)	50000,0
Produt. Milho (sacas 60Kg/ha)	150,0
Cotação Milho (R\$/saca 60Kg)	26,1
Queda de projeto (m)	26,0
Rendimento Usina (%)	73,0
Cotação Energia (R\$/Mwh)	183,2
Carga Urbana Média (Kg DBO/d)	270,00

Mes	qEco
1	20,9
2	21,0
3	18,0
4	18,0
5	18,0
6	25,5
7	33,8
8	40,8
9	61,3
10	46,2
11	36,6
12	27,0

9 ANEXO – LICENÇA DE OPERAÇÃO UHE PSJ



Processo n.º
7398-05.67 / 11-0

LICENÇA DE OPERAÇÃO

LO N.º 4490 / 2012-DL

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental, criada pela Lei Estadual n.º 9.077, de 04/06/90, e com seus Estatutos aprovados pelo Decreto n.º 33.765, de 28/12/90, registrado no Ofício do Registro Oficial em 01/02/91, no uso das atribuições que lhe confere a Lei n.º 6.938, de 31/08/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto n.º 99.274, de 06/06/90 e com base nos autos do processo administrativo n.º 7398-05.67/11-0 concede a presente LICENÇA DE OPERAÇÃO nas condições e restrições abaixo especificadas.

I - Identificação:

EMPREENDEDOR: 149439 – ELETROSUL CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.
CPF / CNPJ: 00.073.957/0001-68
ENDEREÇO: RUA DEPUTADO ANTONIO EDU VIEIRA Nº 999
PANTANAL
88040-901 FLORIANÓPOLIS - SC

EMPREENDIMENTO: 135957 – UHE PASSO SÃO JOÃO
LOCALIZAÇÃO: RIO JUIÚ, BACIA HIDROGRÁFICA URUGUAI – U090
MUNICÍPIOS DE DEZESSEIS DE NOVEMBRO, ROLADOR, ROQUE GONZALES,
SÃO LUIZ GONZAGA E SÃO PEDRO DO BUTIÁ - RS
COORDENADAS GEOGRÁFICAS

ESTRUTURA	LATITUDE	LONGITUDE
BARRAMENTO	-28,1411111	-55,0519445
CASA DE FORÇA	-28,1316667	-55,0538889

A PROMOVER A INSTALAÇÃO RELATIVA À ATIVIDADE DE BARRAGEM PARA GERAÇÃO DE ENERGIA,
USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO

RAMO DE ATIVIDADE: 3.458,20
POTÊNCIA: 77 MW
EXTENSÃO DO CANAL DE ADUÇÃO: 415 M
EXTENSÃO DO TRECHO DE VAZÃO REDUZIDA: 4.100 M
ÁREA DO RESERVATÓRIO: 2.060 HA

II - Condições e Restrições:

1. Esta licença **REVOGA E ATUALIZA** a Licença de Operação nº 817/2012-DL

2. Quanto à Flora

- 2.1. Para qualquer outra supressão de vegetação que se fizer necessária, respeitando o período reprodutivo da maioria das espécies, deverá ser solicitada autorização junto à FEPAM.
- 2.2. É vedada a utilização de fogo e de processos químicos para todas as formas de intervenções na vegetação nativa na fase de operação do empreendimento.
- 2.3. Não poderão ser suprimidos exemplares da flora ameaçada de extinção na categoria Em Perigo (Decreto Estadual 42.099/02) nem protegida ou imune (Lei Estadual 9.519/92 e Portaria n.º 94 IBAMA).
- 2.4. Deverá ser feito o acompanhamento fitossanitário dos exemplares de bromeliáceas, cactáceas, orchidáceas, *Ficus luschnathiana*, *Ficus cestriifolia* e *Erythrina falcata* transplantados pelo mesmo período previsto para monitoramento das mudas plantadas (Artigo 48, § 2º do Decreto Estadual 38.335/98).

3. Quanto à Área de Preservação Permanente

- 3.1. Deverá ser mantida faixa de preservação permanente de largura variável e de no mínimo 30 metros no entorno do reservatório, desde seu nível mais alto medido horizontalmente (Resolução CONAMA n.º 302/02), agregando os ecossistemas considerados relevantes para a manutenção da biodiversidade, com uma área igual ou superior ao valor da mesma considerando os 100 metros, conforme áreas já propostas pelo empreendedor e traçado apresentado em Processo Administrativo totalizando uma APP de 1.666,91 hectares.

- 3.2. Deverá ser dada a continuidade ao plantio de mudas da área de preservação permanente, perfazendo um total de, além das 1.040.477 mudas nativas já plantadas pela reposição florestal obrigatória, mais 23.123 mudas já plantadas e mais 2.040 mudas que serão ser plantadas no ano de 2012.
- 3.3. Deverá ser dada a continuidade ao monitoramento das mudas já plantadas e o manejo através do controle de formigas cortadeiras, de capinas de coroamento, do tutoramento de mudas, da adubação de cobertura e da reposição das mudas mortas, de acordo com o previsto no Artigo 48, § 2º do Decreto Estadual 335/98.
- 3.4. A Área de Preservação Permanente juntamente com os limites dos corredores de acesso ao lago implantados para dessedentação animal, conforme previsto e acordado dentro Plano de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório PACUERA, deverão ser cercados, sendo que as cercas utilizadas deverão ser mantidas ou repostas sempre que necessário.

4. Quanto à Qualidade da Água

- 4.1. Deverá ser mantida as condições de qualidade da água no reservatório semelhante às condições existentes antes da implantação do empreendimento.
- 4.2. Deverá ser dada continuidade ao Programa de Monitoramento da Qualidade da Água, nos 9 pontos do PBA, com frequência mensal durante o primeiro semestre e trimestral do segundo semestre (conforme PBA aprovado) e 2º ao 4º ano, com no mínimo, os seguintes parâmetros: temperatura da água, OD, porcentagem de saturação, condutividade, pH, transparência, alcalinidade, turbidez, sólidos totais, sólidos suspensos totais, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl, fósforo total, fosfato total, DQO, DBO, clorofila A, fitoplancton, zooplancton e coliformes termotolerantes, algas e bentos.
- 4.3. Os resultados deste monitoramento deverão ser interpretados e comparados com a Resolução CONAMA 357/2005.
- 4.4. Ao final do 3º ano de monitoramento de qualidade da água, deverá ser elaborado um parecer com a interpretação dos resultados obtidos até este momento, para subsidiar as condições de continuidade do programa após o 4º ano (parâmetros e frequência)
- 4.5. Durante toda a operação do empreendimento deverá ser dada continuidade ao monitoramento e controle de macrófitas aquáticas.
- 4.6. Os resíduos sólidos oriundos da Estação de Tratamento de Água (lodos) devem ser desidratados e dispostos em local devidamente licenciado e a fração líquida recirculada ao sistema.
- 4.7. Os efluentes líquidos gerados e lançados no Canal de Fuga devem atender os padrões de emissão estabelecidos pela Resolução CONSEMA n.º 128/2006.
- 4.8. Os laudos analíticos de análise dos efluentes devem ser encaminhados à FEPAM com o relatório trimestral do monitoramento da água superficial.
- 4.9. Todos os dados de monitoramento deverão ser estruturados e fornecidos em meio digital, de acordo com orientação da FEPAM, para sua inclusão em banco de dados.

5. Quanto à Vazão Remanescente

- 5.1. A energia a ser gerada pelo empreendimento ao longo do tempo, deverá ser compatibilizada com a proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres e a manutenção dos usos da água atuais, através da definição da adequada vazão remanescente a jusante do barramento, assegurando, no mínimo, condição de Classe 2 conforme a Resolução CONAMA n.º 357/05.
- 5.2. O tempo de permanência das condições de qualidade da água, depois da instalação do empreendimento, deverá ser semelhante ao existente antes da construção do mesmo.
- 5.3. A vazão remanescente deve ser suficiente para assegurar a preservação da biota aquática à jusante, bem como os usos existentes durante a operação da Usina Hidrelétrica.
- 5.4. Deverão ser consideradas as práticas relacionadas ao manejo adaptativo como uma boa alternativa para definição e acompanhamento das vazões a serem mantidas a jusante do barramento, principalmente na AVR. O conceito de uma prescrição de vazões com variação mensal (e não um valor constante), a partir de uma "franja de tensão", definida a partir de uma vazão de base, é adequada para a definição do regime hidrológico para a AVR.
- 5.5. As vazões prescritas para a alça de vazão remanescente foram definidos como qEco b11 (m³/s), sendo que os meses cujas vazões forem inferiores a 18m³/s terão seus valores substituídos por este valor, que é o menor valor de vazão registrado para o intervalo de tempo diário registrado em fevereiro de 1965, ano em que já estava em operação a CGH Pirapó (1952).
- 5.6. Os valores prescritos são:

Vazões no Cenário qEco b11 (m³/s)											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
20,9	21	18	18	18	25,5	33,8	40,8	61,3	46,2	36,6	27

- 5.7. Os valores da vazão remanescente não poderão ser modificados sem avaliação e aprovação prévia da equipe técnica da FEPAM.



- 5.8. O dispositivo de passagem da vazão remanescente deverá possibilitar o aumento da vazão caso necessário.
- 5.9. A operação do sistema terá a obrigatoriedade de garantir a vazão remanescente estabelecida, mesmo que venha a acarretar a redução da potência gerada.
- 5.10. Deverá haver controle automático dos dados de vazão remanescente, vazão afluyente e vazão turbinada, e a FEPAM deverá ter acesso on-line em tempo real a estes dados, que deverão ser apresentados nos relatórios trimestrais.

6. Quanto às instalações

- 6.1. Eventuais novas áreas de bota-foras, estoques de rocha, empréstimo de solo, jazidas ou pedreiras localizadas fora dos limites previstos dependerão de prévio licenciamento ambiental.
- 6.2. Deverão ser utilizadas somente as vias de acesso já existentes, sendo que a abertura de novas estradas dependerá de prévio licenciamento ambiental.
- 6.3. Deverá ser dada a continuidade à recuperação das áreas degradadas, organização e limpeza dos canteiros e acessos.
- 6.4. As instalações sanitárias deverão possuir esgotamento próprio com tratamento de efluentes.
- 6.5. Deverá ser realizado treinamento de todos os funcionários envolvidos na operação do empreendimento visando à adoção de posturas relacionadas à mitigação dos impactos ambientais.

7. Quanto à Fauna

- 7.1. Deverá ser apresentado um projeto do mecanismo de transposição de fauna íctica, adequado às características biológicas e ecológicas das principais espécies migradoras da bacia, com base nos resultados do monitoramento da ictiofauna em conjunto com a UHE São José de acordo com o cronograma previsto, visando operacionalizar a transposição das duas usinas hidrelétricas de modo eficiente destas espécies para jusante, garantindo sua passagem de retorno. (Art. 174, Capítulo V do Código Estadual do Meio Ambiente). Este mecanismo deverá apresentar flexibilidade operacional suficiente para que sejam feitos ajustes necessários à sua real efetividade.
- 7.2. Anteriormente à instalação completa do mecanismo de transposição de peixes, os dois empreendedores (UHE Passo São João e UHE São José) deverão adotar métodos temporários de transposição de peixes com a finalidade de garantir a reprodução das espécies migradoras.
- 7.3. Deverá ser executado o controle e proibição da pesca e da caça na área da obra e do empreendimento.
- 7.4. Não é permitida a introdução de espécies da fauna íctica exóticas ou alóctones no rio ou no reservatório (Lei Federal n.º 9.605/98, regulamentada pelo Decreto Federal n.º 3.179/99).
- 7.5. Qualquer atividade de peixamento na área de influência do empreendimento só será possível com licenciamento específico e após análise criteriosa, baseada nos resultados do programa de monitoramento da ictiofauna.
- 7.6. O monitoramento da fauna de vertebrados terrestre deverá ocorrer através de campanhas trimestrais até dois anos após o enchimento do reservatório conforme previsto no PBA.

8. Quanto à Autorização para Manejo e Captura de Fauna

- 8.1. Objeto
 - 8.1.1. Captura e coleta de animais silvestres e material zoológico;
 - 8.1.2. Transporte de animais silvestres e material zoológico
- 8.2. Procedência
 - 8.2.1. Captura, resgate e manejo de fauna para atendimento do monitoramento de ictiofauna da UHE São João, conforme projeto anexado junto ao processo 7398.0567/11-0.
- 8.3. Destino
 - 8.3.1. Os exemplares da fauna silvestre capturados, após identificados, deverão ser soltos na área de captura;
- 8.4. A coleta de espécimes não identificados in loco ficará limitada a 04 (quatro) exemplares por morfotipo.
- 8.5. Os exemplares de fauna coletados ou que vierem a óbito deverão ser preservados em meio específico, etiquetados com todos os dados da coleta e depositados no Laboratório de Ecologia e Química da universidade Comunitária da região de Chapecó, de acordo com as especificações necessárias;
- 8.6. Os exemplares da ictiofauna coletados ou que vierem a óbito deverão ser preservados em meio específico, etiquetados com todos os dados da coleta e depositados no Museu de Ciência e Tecnologia da PUC-RS
- 8.7. A entrega dos exemplares conforme condicionante acima deverá ser comprovada através de documento de recebimento;
- 8.8. Esta Autorização não permite o transporte de animais vivos para além da área dos empreendimentos, salvo situações expressamente autorizadas pela FEPAM;
- 8.9. Classes a serem manejadas
 - 8.9.1. Peixes - amostragens com capturas através de redes de espera (seis pontos), tarrafas (5 lances cada ponto), arrastos (1 lance cada ponto) e espinhéis (10 anzóis iscados);



Processo n.º
7398-05.67 / 11-0

- 8.10. Técnicos responsáveis
- 8.10.1. Eng Flor. Sílvia F Valdez Barbosa - registro no CREA-SC 36012-0 ART 4026362-1, CTF nº 540020;
- 8.10.2. Biol. Tiago Roberto Nunes Bertaso - registro no CRBio 08440/07-D, ART 2012/01505, CTF nº 5053580;
- 8.10.3. Biol. Fábio Silveira Vilella – registro no CRBio 25827-03, ART 2012/01111, CTF nº 196636.
- 9. Demais condicionantes da Autorização para Manejo e Captura de Fauna**
- 9.1. A autorização de manejo, objeto desta autorização, visa à execução de monitoramento de fauna e icnofauna contido no processo administrativo 7398-05.67/11-0;
- 9.2. As coletas deverão se restringir a espécimes cuja espécie não puder ser identificada in loco. Casos excepcionais deverão ter autorização expressa da FEPAM;
- 9.3. Deverão ser enviados relatórios trimestrais das atividades desenvolvidas e ao final do levantamento deverá ser entregue o relatório completo do monitoramento.
- 9.4. A não observância de quaisquer dessas condicionantes e normas implicará na suspensão desta Autorização.
- 10. Classes a serem manejadas**
- 10.1. Peixes – amostragem será realizada à jusante e a montante da UHE Passo São João e São José, usando tarrafa, picaré, puçá e redes espera simples e de tresmalho, medindo 20 m de comprimento e 1,5 m de altura, com malha entre 20 e 50 mm. Os animais capturados serão anestesiados, medidos e pesados, sendo os dados anotados em fichas. Serão implantados radiotransmissores no peritônio através de cirurgia e após o restabelecimento os peixes serão devolvidos ao rio. Os espécimes que vierem a óbito serão fixados em formol 10%.
- 10.2. Deverão ser enviados relatórios trimestrais das atividades desenvolvidas e ao final do monitoramento (12 meses) deverá ser entregue o relatório completo do monitoramento.
- 10.3. A não observância de quaisquer dessas condicionantes e normas implicará na suspensão desta Autorização.
- 10.4. No caso de mudanças de planejamento, por circunstâncias não previstas, o empreendedor deverá comunicar **antecipadamente** o órgão licenciador.
- 10.5. O empreendedor deverá comunicar ao órgão ambiental qualquer ocorrência ambiental durante os procedimentos.
- 11. Quanto aos Programas Ambientais**
- 11.1. Os programas do PBA deverão ter a sua continuidade de execução conforme já aprovados pela FEPAM e deverão incorporar os estudos solicitados.
- 11.2. Antes do encerramento de qualquer Programa Ambiental, o empreendedor deverá apresentar uma avaliação das ações executadas, considerando a necessidade ou não de continuidade de tais ações e monitoramentos além do prazo anteriormente previsto.
- 11.3. Qualquer alteração de frequência, parâmetro ou mesmo término de monitoramentos e Programas Ambientais só poderão ser efetivados após avaliação e aprovação formal da FEPAM.
- 11.4. A execução das atividades previstas nos Programas Ambientais deverão ser apresentadas trimestralmente a esta Fundação mediante entrega de relatórios trimestrais, em meio impresso e digital, contendo atividades realizadas e previstas, resultados cumulativos e fotos da execução dos serviços.
- 11.5. O empreendedor deverá manter uma equipe técnica habilitada responsável pela supervisão ambiental lotada na área do empreendimento e em tempo integral para acompanhamento durante toda a fase de operação da usina. Esta equipe deverá ser dimensionada e contar com equipamentos e instalações suficientes para atender as ações rotineiras de meio ambiente.
- 11.6. Deverá ocorrer a divulgação em site da empresa dos resultados dos Programas Ambientais que compõem o PBA e outros estudos e monitoramentos ambientais a serem executados durante toda a vida útil do empreendimento, concomitantemente à entrega dos produtos previstos.
- 11.7. Todos os dados decorrentes do desenvolvimento dos Programas Ambientais deverão ser estruturados e fornecidos em meio digital, de acordo com orientação da FEPAM, para sua inclusão em banco de dados.
- 11.8. Deverá ser dada continuidade ao Programa Ambiental para a Construção e ao Programa de Recuperação de Áreas Degradadas até a desmobilização total das áreas do canteiro de obras.
- 11.9. O monitoramento das encostas deverá ser feito por um período mínimo de um ano após o enchimento do reservatório, sendo que a continuidade e frequência das inspeções deste monitoramento será avaliada após este período.
- 11.10. Deverá ser dada a continuidade ao monitoramento da sismicidade induzida causada pelo enchimento do reservatório por um ano após o enchimento do mesmo.
- 11.11. Deverá ser dada continuidade às atividades de monitoramento do nível estático e freático dos poços.
- 11.12. Deverá ser dada a continuidade do Programa de Educação Ambiental durante a operação do empreendimento através de um plano de ações para o desenvolvimento de atividades periódicas de



Processo n.º
7398-05.67 / 11-0

educação e conscientização ambiental focadas às famílias das propriedades lindeiras à APP do reservatório e também junto às comunidades e prefeituras dos municípios envolvidos.

- 11.13. O empreendedor deverá continuar desenvolvendo ações de apoio social à população remanejada durante a operação do empreendimento, sendo que 01 (um) ano antes ao vencimento desta licença deverá ser entregue nova avaliação sócio-econômica das famílias remanejadas
- 11.14. Em todos os relatórios das ações relativas ao meio sócio-econômico, deverão constar os resultados das atividades desenvolvidas, a comprovação do contato com as instituições e a população envolvida, e avaliação da eficácia das ações propostas, incluindo os termos de acordo, as atas de reuniões e a lista de presença dos eventos realizados.
- 11.15. O Programa de Implantação da Unidade de Conservação deverá ser desenvolvido a partir da aplicação de recursos da medida compensatória do empreendimento, conforme diretrizes definidas pela Câmara Estadual de Compensação Ambiental – CECA/SEMA, de acordo com o disposto na Lei Federal nº 9985/2000 - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Capítulo IV, Art. 36), no Decreto Federal nº 4.340/2002 (Capítulo VIII, artigos 31 a 33) e o disposto na Resolução CONSEMA nº 001/2000. Os recursos da medida compensatória serão investidos na Reserva Biológica do Ibirapuitã, na Reserva Biológica São Donato e no Parque Estadual do Turvo conforme Termo de Compromisso e Aditivo firmados junto à CECA/SEMA.
- 11.16. O empreendedor deverá acompanhar a execução do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno e das Águas do Reservatório da UHE Passo São João – PACUERA, sendo que a FEPAM deverá receber informações sobre a implantação das áreas de turismo e lazer indicadas junto aos relatórios trimestrais dos Programas Ambientais do empreendimento.
- 11.17. Deverá ser previsto um acompanhamento permanente das estratégias implantadas para dessedentação animal nas propriedades lindeiras ao reservatório, com a proposição de medidas corretivas sempre que necessário. Essas atividades deverão ser informadas junto aos relatórios trimestrais dos Programas Ambientais do empreendimento.
- 11.18. Os programas de Comunicação Social e de Gerenciamento das Ações Ambientais deverão ter sua continuidade durante toda a vida do empreendimento.

12. Quanto ao Patrimônio Histórico-cultural-paisagístico

- 12.1. Deverá ser dada continuidade ao Programa de Resgate Socioambiental da Paisagem durante toda a vida útil do empreendimento, incluindo a restauração da casa adquirida com essa finalidade na localidade de Poço Preto, município de Roque Gonzales e a sua transformação em "Casa da Memória" com a finalidade de recolher, conservar e valorizar de diversas formas, os registros dos elementos de valor cultural, histórico e paisagístico da região.
- 12.2. Deverá ser dada a continuidade à implementação do projeto de levantamento, monitoramento e salvamento arqueológico, conforme aprovado pelo IPHAN (Portaria nº 22, Anexo IV/4 de outubro de 2008).
- 12.3. Com intuito de avaliar a necessidade de nova batimetria e da implantação de um projeto de adequação paisagística que garanta a preservação do valor paisagístico do Salto Pirapó, deverá ser elaborado pelo período de um ano, um relatório fotográfico nos períodos de mais baixa vazão remanescente acompanhado dos valores medidos no momento da fotografia.

13. Quanto à movimentação de solo

- 13.1. Qualquer material mineral excedente que necessite de armazenamento temporário deverá ser disposto em local devidamente licenciado por esta FEPAM.
- 13.2. As áreas de corte e aterro deverão ser taludadas e vegetadas.
- 13.3. Deverão ser tomadas as providências técnicas necessárias para a prevenção e contenção de erosão.

14. Quanto à disposição de resíduos

- 14.1. Não poderão ser utilizados locais próximos aos recursos hídricos para descarte de bota-foras, considerando o seu leito maior sazonal.
- 14.2. Todos os resíduos gerados na operação do empreendimento deverão ser comprovadamente destinados a locais devidamente licenciados por esta Fundação.
- 14.3. O resíduo advindo da bacia de contenção da área de lavagem de betoneiras não poderá ser disposto nos acessos secundários, na área das estruturas ou na área da propriedade, devendo o empreendedor contatar a prefeitura para viabilizar a disposição deste resíduo em local adequado.

15. Quanto ao Uso Óleos Lubrificantes e Combustíveis

- 15.1. O armazenamento de combustíveis deverá atender às recomendações técnicas observando as exigências dos setores de saúde, agricultura e meio ambiente de acordo com normas técnicas da ABNT nº: NBR nº 9843/87, NB 1183/88, Lei Est. 9921/93, Decreto Est. 38356/98.
- 15.2. Caso a atividade utilize óleos lubrificantes em embalagens plásticas, deverá entrar em contato com o(s) fornecedor (es) atacadista(s) (fabricante ou fornecedor) para que estes realizem a coleta das embalagens plásticas pós-consumo. A coleta é gratuita e o coletor fornece comprovante de coleta em atendimento a Portaria SEMA/FEPAM nº 001/2003. O telefone para contato com os distribuidores e



Processo n.º
7398-05.67 / 11-0

fabricantes regularizados constam da Licença Ambiental destes, e estão disponíveis para consulta no site da FEPAM com o código da atividade 3117.00.

- 15.3. Caso a atividade adquira óleo lubrificante em embalagens plásticas apenas no comércio varejista, deverá fazer a devolução voluntária no ponto de compra. O comércio varejista de óleos lubrificantes (lojas, supermercados, etc.) não realiza a coleta das embalagens, mas é ponto de coleta dos fornecedores imediatos.
- 15.4. O local da troca de óleo lubrificante deverá possuir bacia de contenção sobre piso de concreto, para armazenagem de óleo lubrificante usado em tonéis. A bacia de contenção deve ser calculada para conter todo o volume do(s) tonel (is); não será aceito tanque subterrâneo para armazenagem de óleo lubrificante usado.
- 15.5. Os tanques de armazenagem de combustíveis deverão ser aéreos, dotados de bacia de contenção para conter eventuais vazamentos, conforme NBR nº 7.505/95, da ABNT.
- 15.6. A pista de abastecimento de veículos deverá possuir piso impermeável na área de abastecimento de veículos e máquinas, com drenagem periférica (sem possibilidade de infiltrações para o subsolo) conectada com caixa separadora de água/óleo.
- 15.7. A lavagem veículos (carros, caminhões, tratores, etc.), máquinas e equipamentos, deverá ser realizada em rampas ou áreas dotadas de piso impermeável com drenagem para caixa separadora água/óleo.

16. Demais condicionantes

- 16.1. Deverá ser atendida a Resolução conjunta da ANEEL / ANA nº 3, de 10 de agosto de 2010, que estabelece as condições para implantação, manutenção e operação de estações pluviométricas e fluviométricas associadas a empreendimentos hidrelétricos.
- 16.2. Deverão ser realizadas auditorias ambientais periódicas, atendendo o disposto no Capítulo XII do Código Estadual do Meio Ambiente.
- 16.3. Em caso de ocorrência de qualquer acidente que resulte em dano ambiental, o órgão licenciador deverá ser comunicado imediatamente.
- 16.4. No caso de mudanças ou relocação de estruturas, por circunstâncias não previstas, o empreendedor deverá comunicar antecipadamente o órgão licenciador e solicitar anuência.
- 16.5. Qualquer modificação nos padrões de operação da usina deverá ser analisado e autorizado previamente pela FEPAM.
- 16.6. Deverá ser fixada, em local de fácil visibilidade, placa para divulgação da presente licença, conforme modelo disponível no site da FEPAM, www.fepam.rs.gov.br. A placa deverá ser mantida durante todo o período de vigência da mesma.

17. Apresentar no prazo de 90 dias:

- 17.1. Documentação comprobatória dos custos totais da instalação do empreendimento para verificação dos percentuais aplicados no cumprimento da medida compensatória, em atendimento à Resolução CONSEMA nº 001/2000.

III - Com vistas à OBTENÇÃO DA RENOVAÇÃO DA LICENÇA DE OPERAÇÃO, a empresa deverá apresentar:

- 1- Requerimento, solicitando a Renovação da Licença de Operação 120 (cento e vinte) dias antes da data de vencimento da mesma (§ 4º, Inciso III, Artigo 18 da Resolução CONAMA 237/97).
- 2- Cópia desta Licença.
- 3- Cópia da publicação no Diário Oficial do Estado ou União e periódico de grande circulação, da concessão da Licença de Operação, Resolução CONAMA N.º 6, de 24 de janeiro de 1986.
- 4- Cópia da publicação do pedido de solicitação da Renovação da Licença de Operação no Diário Oficial do Estado ou União e periódico de grande circulação, Resolução CONAMA N.º 6, de 24 de janeiro de 1986.
- 5- Relatório final de implantação da UHE, referente à execução dos Programas Ambientais e ao cumprimento das condições e restrições desta licença, assinado e rubricado pelo coordenador geral da supervisão ambiental, com respectivas Anotações de Responsabilidade Técnica (ARTs).
- 6- Comprovação do cumprimento das exigências desta LO, de acordo com o cronograma aprovado.
- 7- Para renovação da LO deverá ser apresentado um Relatório com a interpretação de todos os dados do monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais. Este Relatório deverá avaliar e demonstrar a possibilidade de alteração da frequência de amostragem. Após a avaliação do mesmo, a FEPAM poderá ou não autorizar o monitoramento com frequência semestral.
- 8- Comprovante do pagamento dos custos dos Serviços de Licenciamento Ambiental, conforme Resolução nº 01/95-CONS. ADM, publicada no DOE em 01/09/95.

Havendo alteração nos atos constitutivos, cópia da mesma deverá ser apresentada, imediatamente, à FEPAM, sob pena do empreendedor acima identificado continuar com a responsabilidade sobre a atividade/empreendimento licenciado por este documento.



Processo n.º
7398-05.67 / 11-0

Este documento licenciatório perderá sua validade caso os dados fornecidos pelo empreendedor não correspondam à realidade ou algum prazo estabelecido nas condições acima seja descumprido.

Deverá ser solicitada renovação desta licença até 120 dias antes de seu vencimento, conforme Art. 18 § 4.º da Resolução CONAMA n.º 237/97.

Esta Licença não dispensa nem substitui quaisquer alvarás ou certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal, nem exclui as demais licenças ambientais.

Esta licença deverá estar disponível no local da atividade licenciada para efeito de fiscalização.

Data de emissão: Porto Alegre, 03 de Agosto de 2012.

Este documento licenciatório é válido para as condições acima no período de 03/08/2012 à 08/02/2016.

Este documento licenciatório foi certificado por assinatura digital, processo eletrônico baseado em sistema criptográfico assimétrico, assinado eletronicamente por chave privada, garantida integridade de seu conteúdo e está à disposição na página www.fepam.rs.gov.br.

fepam®.