

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**USO DE DIFERENTES BIOMASSAS EM OLARIAS DE
TRÊS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CENTRAL DO RS:
SEU IMPACTO ENERGÉTICO NA QUALIDADE DO
PRODUTO E ASPECTOS AMBIENTAIS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Clandio Alberto Marchi Rosa

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**USO DE DIFERENTES BIOMASSAS EM OLARIAS DE TRÊS
MUNICÍPIOS DA REGIÃO CENTRAL DO RS:SEU
IMPACTO ENERGÉTICO NA QUALIDADE DO
PRODUTO E ASPECTOS AMBIENTAIS**

Clandio Alberto Marchi Rosa

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Hoffmann

Santa Maria, RS, Brasil

2012

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

Alberto Marchi Rosa, Clandio

Uso de diferentes biomassas em olarias de três municípios da região central do RS: seu impacto energético na qualidade do produto e aspectos ambientais / Clandio Alberto Marchi Rosa.-2012.

53 f.; 30cm

Orientador: Ronaldo Hoffmann

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2012

1. aproveitamento de biomassa 2. análise econômica 3. resíduos agroflorestais I. Hoffmann, Ronaldo II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**USO DE DIFERENTES BIOMASSAS EM OLARIAS DE TRÊS
MUNICÍPIOS DA REGIÃO CENTRAL DO RS: SEU
IMPACTO ENERGÉTICO NA QUALIDADE DO
PRODUTO E ASPECTOS AMBIENTAIS**

elaborada por
Clandio Alberto Marchi Rosa

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Ronaldo Hoffmann, Dr.
(Presidente/Orientador)

João Helvio Righi de Oliveira, Dr. (UFSM)

Mauro Valdir Schumacher, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 13 novembro de 2012.

OFEREÇO

A Deus e a Nossa Senhora Medianeira, por ter escutado minhas constantes angústias, alegrias e decepções, dando-me forças para jamais desistir.

Aos meus pais, Odir e Marly, pelo apoio e incentivo.

A minha irmã Gláucia.

A minha esposa Sandra, pelo carinho, estímulo, dedicação e principalmente, pela paciência e por acreditar que ainda chegaremos a ser mais do que sonhamos.

As minhas filhas, Alessandra, Juliene e Clarissa, por acreditarem em mim.

Ao meu neto, Vincenzo Rosa Vasconcelos.

A todos que fazem parte da minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Ronaldo Hoffmann, pela orientação e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos Professores, João Helvio Righi de Oliveira e Mauro Valdir Schumacher.

Ao Professor Paulo Renato Schneider, pelo incentivo e amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos funcionários em especial a Jari Domingues e Márcia dos Santos.

Aos funcionários do Departamento de Ciência Florestais, aos amigos Naira, Roberto, Jorge Roberto, Fabiane, Tita, e em especial a Gerson Selle e Janduir Nóbrega Júnior pela dedicação e ajuda. Ao amigo Luis Finamor do Departamento de Solos.

Aos meus amigos Jéssica Machado, Leonita Girardi, Gerson dos Santos Lisboa, Ricardo Kilka, Régis Longhi, Dorotéia, Eugenio Zanini e Júlio Lucchese que não mediram esforços pela ajuda.

Aos velhos e novos amigos que reencontrei e encontrei nesta caminhada.

A todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho.

***“Quem pensa a curto prazo, deve cultivar cereais;
Quem pensa a médio prazo, deve plantar árvores;
Quem pensa a longo prazo, deve educar pessoas.”
(Kwantzu)***

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria

USO DE DIFERENTES BIOMASSAS EM OLARIAS DE TRÊS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CENTRAL DO RS: SEU IMPACTO ENERGÉTICO NA QUALIDADE DO PRODUTO E ASPECTOS AMBIENTAIS

AUTOR: CLAUDIO ALBERTO MARCHI ROSA

ORIENTADOR: RONALDO HOFFMANN

Local e Data de Defesa: Santa Maria, 13 novembro de 2012.

O objetivo desse trabalho foi fazer um levantamento de biomassas residuais que são usadas como combustíveis em olarias em três municípios da região central do Rio grande do Sul, através de um questionário sócio econômico para verificar o potencial de geração de energia, bem como sua viabilidade econômica. O objeto de estudo foram tipos de biomassas (casca de arroz, cavaco de madeira, serragem e lenha), utilizados como fonte de combustível em fornos de 12 olarias. Em maio de 2010, abril e agosto 2011, foram feitas coletas de cinzas em 5 olarias das 12 pesquisadas, sendo analisadas em laboratórios valores de macro e micronutrientes, e carbono. Outros dados levantados foram o consumo médio de biomassa na produção e valores médios para produzir tijolos. Pode-se afirmar que uma matriz energética exclusivamente composta por biomassa é uma alternativa interessante nas condições analisadas neste estudo, do ponto de vista econômico e ambiental, os resultados permitem concluir que são viáveis o uso de resíduos de cinzas como alternativa de melhoria contínua do gerenciamento ambiental pelas indústrias geradoras no sentido de racionalizar a utilização de insumos energéticos e diminuir o nível de emissão de poluentes. Esta alteração de processo tem como finalidade gerar economias na aquisição de insumos energéticos adquiridos no mercado e contribuir para a expansão da base de geração de energia da indústria.

Palavras-chave: Resíduos agroflorestais. Aproveitamento de biomassa. Análise econômica. Geração de bioenergia.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria

USE OF DIFFERENT BIOMASSES IN POTTERIES THE REGION OF SANTA MARIA, ITSENERGY POTENTIAL, QUALITY AND PRODUCTIVITY

AUTHOR: CLAUDIO ALBERTO MARCHI ROSA

ADVISER: RONALDO HOFFMANN

Place and Date of Defense: Santa Maria, November 13th, 2012.

The aim of this study was to survey biomass residues which are used as fuel in brick kilns in three cities of central region of Rio Grande do Sul, through a socio-economic survey to ascertain the potential for power generation, as well as its economic viability. The object of study types biomass (rice husk, wood chips, sawdust and wood), used as a source of fuel in furnaces of 12 potteries. In May 2010, April and August 2011, were collected ash brick kilns in 5 of the 12 surveyed, and analyzed in laboratories values of macro and micro nutrients, and carbon. Other data collected were the average consumption of biomass and average values to produce bricks. One can say that a matrix composed exclusively biomass energy is an interesting alternative analyzed in this study under the conditions of economically and environmentally, we conclude that they are viable use of waste ash as an alternative to continuous improvement of management environment by generating industries to rationalize the use of energy inputs and reduce the level of emissions. The amendment process is intended to generate savings in the purchase of energy inputs purchased in the market and contribute to the expansion of the power generation industry.

Keywords: agroforestry wastes. Utilization of biomass. Economic Analysis. Bioenergy generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Foto do forno do tipo Hoffmann.....	25
Figura 2 – Desenho esquemático do forno tipo túnel.....	26
Figura 3 – Localização da área de estudo nos municípios de Santa Maria, São João do Polêsine, Faxinal do Soturno, RS.....	27
Figura 4 – Amostras de cinzas de biomassas enviadas ao laboratório de química-CCNE-UFSM.....	28
Figura 5 – Amostras de cinzas de biomassas laboratório física do solo CCR-UFSM.....	30
Figura 6 – Procedimento análise de carbono.....	31
Figura 7 – Tijolos de tijolos queimados com diferentes biomassas.....	38
Figura 8 – Percentual de empresas por biomassas utilizadas.....	39
Figura 9 – Consumo médio de biomassa utilizada na produção de tijolos.....	40
Figura 10 – Valores gastos em R\$ para produzir 1000 tijolos.....	41
Figura 11 – Biomassas estudadas: A) Cavaco de madeira de <i>Pinus</i> sp.; B) Cavaco de madeira de <i>Eucalyptus</i> sp.; C) Serragem; D) Lenha de <i>Eucalyptus</i> sp.; E) Casca de arroz.....	53

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Valores de macro e micronutrientes, em g.kg^{-1} e mg.kg^{-1} , das cinzas coletadas de quatro tipos de biomassas queimadas nas olarias pesquisadas.....34
- Tabela 2 – Valores médios de macro, micronutrientes das amostras de cinzas de 4 tipos de biomassas.....35
- Tabela 3 – Valores das médias de carbono (%) de cinzas amostradas em biomassas coletadas nas olarias e, poder calorífico inferior (PCI) obtidos na bibliografia.....37
- Tabela 4 – Consumo específico de biomassas ($\text{m}^3/1000$ tijolos).....40

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
BEM – Balanço Energético Nacional
IRGA – Instituto Riograndense do Arroz
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MJ/kg – Megajoule por quilograma
MW – Megawatt
kgf – Quilograma força
kWh – Quilowatt hora
PCI – Poder Calorífico Inferior
PCS – Poder Calorífico Superior
TWh – Terawatt hora
m³ – Metro cúbico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.2 Objetivos	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Situação mundial do aproveitamento da biomassa e resíduos de base florestal para geração de energia	16
2.2 Importância econômica e ambiental do aproveitamento da biomassa	19
2.3 Diferentes biomassas utilizadas como fonte energética	20
2.3.1 Casca de arroz (Ca).....	20
2.3.2 Lenha	22
2.3.3 Serragem e maravalha (resíduos de serraria).....	23
2.3.4 Cavaco de madeira.....	24
2.4 Situação brasileira do aproveitamento da biomassa e resíduos de base florestal para geração de energia.	24
2.5 Tecnologias empregadas na queima de combustíveis para geração de calor em olarias	25
2.5.1 Forno do tipo Hoffmann	25
2.5.2 Forno contínuo tipo túnel	26
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Local e época da realização do trabalho	28
3.1.1 Área de pesquisa.....	28
3.2 Coleta de dados	29
3.2.1 Análise química	30
3.3 Consumo específico	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Perfil das indústrias cerâmicas da região	34
4.2 Teores de macro e micronutrientes	34
4.3 Custos e consumos de biomassas	40
4.3.1 Análise econômica	42
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	50

1 INTRODUÇÃO

O mundo vive uma situação em que mais de 75% de sua energia provém de combustíveis fósseis. O uso da biomassa como alternativa energética pode servir para fixar o homem no campo, possibilitando um setor agropecuário mais produtivo, e para melhorar a rentabilidade das empresas madeireiras, que podem gerar energia com o uso de seus próprios resíduos. Esse último aspecto é fundamental para resolver um grave problema ambiental de indústrias do setor florestal: a destinação dos resíduos (WANDER, 2001). Segundo esse autor, a madeira combustível pode ser classificada em três grandes grupos: resíduos industriais, resíduos florestais e provenientes de florestas energéticas. Dentre os resíduos industriais podem ser citadas a serragem, a maravalha (cepilho), a casca das árvores e a lenha. A serragem é originada da operação de serras, podendo ser seca ou úmida. Maravalha é gerada pelas plainas nas instalações de serrarias/beneficiamento, estando disponível exclusivamente no estado seco. A casca provém do descascamento, na fábrica, das toras utilizadas no processo de fabricação de celulose e papel. As costaneiras, as aparas, os refilos e as cascas geralmente apresentam altos teores de umidade e são classificados como lenhas.

Além disso, a grande expansão das cidades e a exploração de projetos imobiliários, faz-se focar as indústrias cerâmicas em seus produtos e o tipo de combustível que são queimados. Embora a biomassa tenha sido o primeiro vetor energético na produção de energia, hoje ela é pouco significativa, com vários fatores a considerar-se para a viabilidade de grandes investimentos no setor cerâmico, pois tem-se que examinar as restrições de ordem ecológica, econômica (incluindo a social e política) e tecnológica. As restrições ecológicas estão associadas à preservação do meio ambiente e à qualidade de vida. Já as limitações econômicas são analisadas em dois níveis: em primeiro lugar, é necessário saber se a biomassa explorada energeticamente não tem outros usos mais econômicos (industrial ou alimentício); E em segundo lugar, se todos os custos da biomassa explorada são compatíveis com os benefícios energéticos e comparáveis com os demais combustíveis. Finalmente, as restrições tecnológicas se devem a existência, ou não, de processos confiáveis e operações para conversão de biomassa em combustíveis de uso mais geral (NOGUEIRA et al.,2000).

As principais regiões produtoras de energia da biomassa são: Ásia e Austrália, América Latina e Caribe, que também são as regiões com o maior potencial para incrementar o uso dessa fonte renovável. As regiões como Europa e Oriente Médio tem a menor disponibilidade de biomassa e, conseqüentemente, a produção de energia com essa fonte é a mais baixa do mundo. Os principais resíduos utilizados em nível mundial na tentativa de se estimar o potencial energético são os resíduos vegetais (CORTEZ; LORA; GOMEZ, 2008).

Em relação ao Brasil os potenciais energéticos oriundos das biomassas do setor madeireiro e orizícolas estão alicerçados nos resíduos provenientes da industrialização dos mesmos. Como dito anteriormente, a utilização da casca de arroz, além de proporcionar melhorias ao meio ambiente, pode agregar valor a fabricação de tijolos produzidos pelas indústrias cerâmicas.

No caso da geração com casca de arroz, deve ser comentado que o material é muito abrasivo e sua matéria de baixa densidade e seu transporte só se justifica quando as distâncias são pequenas e o volume transportado é significativo. Este valor agregado pode advir diretamente da utilização da casca de arroz como insumo energético. De forma associada a sua utilização energética, a cinza gerada pela queima controlada da casca de arroz pode ser usada em vários ramos industriais, tais como eletrônica, construção civil, cerâmica, indústria química, fabricação de células fotovoltaicas, entre outros.

A implantação de um programa interno de conservação de energia constitui o primeiro passo para o uso racional da energia dentro de uma unidade de cerâmica vermelha. Um programa bem elaborado permite otimizar-se o uso da energia, evitando ações isoladas e duplicação de esforços que tendem a perder o seu efeito no decorrer do tempo. A operação de queima, sem dúvida, a que mais consome energia no processo de produção de tijolos, podendo representar até 50% do seu consumo. As operações de secagem e armazenamento, quando conduzidas corretamente e com equipamentos eficientes, contribuem significativamente para a redução dos custos operacionais, pela economia de energia que propiciam.

Como resultado desta valorização surge um novo resíduo, a cinza, que é amontoado junto às unidades industriais ou levado para aterro, não lhe sendo dada qualquer utilização. Contudo, estas cinzas têm vários elementos minerais na sua constituição, os quais têm origem na biomassa sujeita a combustão. Por este motivo, a sua utilização como fertilizante agrícola poderá ser uma forma muito eficaz de restituir

ao solo alguns nutrientes vegetais que foram extraídos pelas próprias culturas. No entanto, antes de se recomendar a sua utilização, torna-se necessário avaliar o efeito da cinza sobre a fertilidade dos solos, nas suas vertentes química e física, e no crescimento das culturas, o que justifica a realização do presente trabalho.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as biomassas utilizadas como fonte de energia nas olarias da Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, nos municípios de Santa Maria, São João do Polêsine e Faxinal do Soturno.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar os tipos de fornos utilizados na queima de biomassa;
- Identificar os elementos químicos e físicos que compõem as cinzas dos diferentes tipos de biomassa; e
- Analisar o consumo e o custo dos diferentes tipos de biomassa utilizadas como fontes de energia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Situação mundial do aproveitamento da biomassa e resíduos de base florestal para geração de energia

A questão da sustentabilidade da biomassa é de especial importância nos países em desenvolvimento. Em muitos países a biomassa tradicional é a fonte de energia mais utilizada para cocção e aquecimento de ambientes, principalmente por questões econômicas, porém da maneira como é utilizada causa impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente, entretanto existem oportunidades para o desenvolvimento e utilização de biomassa moderna, com benefícios em termos de qualidade dos serviços de energia e impactos na saúde humana e no meio ambiente (KAREKEZI et al, 2005).

Nos países subdesenvolvidos da região sudeste da Ásia, os resíduos dos setores agrícola e florestal representam um grande potencial de biomassa, contribuindo atualmente entre 25 e 40% na produção de energia primária (JUNGINGER et al., 2001).

Na Europa, a biomassa é ainda relativamente pouco usada na geração de eletricidade, não somente quando comparado aos combustíveis fósseis e à energia nuclear, mas também a outras fontes renováveis, incluindo a hídrica e a eólica (ALLEN et al., 1998).

Na Finlândia, as indústrias florestais estão focadas na integração da produção, o que significa que os estágios sucessivos de produção estão interconectados, buscando basicamente melhorar o rendimento na transformação da matéria-prima. A tecnologia desenvolvida para o processamento mecânico de toras de pequenos diâmetros, bem como o uso intensivo de biomassa para geração de energia tem se constituído em elementos chaves na competitividade da indústria de madeira sólida finlandesa (TUOTO; SIMULA, 2003).

O consumo de energia de biomassa ganhou, nos últimos anos, uma posição cada vez mais consolidada no mercado finlandês. A proporção do consumo total de energia da Finlândia, proveniente de energia de biomassa, é de cerca de 25 %, ou 90 TWh (milhão de MWh) por ano. De acordo com o programa nacional de energia de

biomassa da Finlândia, o uso desse tipo de energia deve aumentar em 50% nos próximos anos (AIE, 2006).

Na Suécia e Dinamarca, o papel da biomassa na matriz energética destaca-se como combustível industrial. No caso sueco sabe-se que os resíduos florestais e os resíduos industriais de biomassa já contribuem de forma significativa para a produção de eletricidade, basicamente em unidades de cogeração em fábricas de celulose e papel. Em longo prazo, a biomassa pode contribuir com 25 a 40% da produção elétrica (PEREIRA JR., 2001).

Segundo Miranda; Hale (2001), a Suécia produz eletricidade a partir de duas principais fontes: hídrica e nuclear, que fornecem uma energia barata e relativamente limpa em termos de emissão de gases que contribuem para o efeito estufa. Porém, é crescente a atenção para fontes de energia renovável como a biomassa florestal, que é considerada um neutralizador de carbono. Além disso, a Suécia possui abundância desse recurso já que a indústria madeireira é considerada uma das mais importantes no país. Nem toda madeira cortada é apropriada para produção de papel ou outros produtos derivados da madeira, assim esses setores utilizam esses resíduos, como combustível para a geração de energia.

No Reino Unido, a biomassa é pouco usada como fonte da energia, entretanto o governo britânico está fazendo esforços e fornecendo financiamentos com a intenção de facilitar a geração de eletricidade a partir da biomassa (DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY, 1994).

No Continente Americano, a oferta da energia da biomassa (36% de resíduos vegetais, 30% de licor negro, 25% de resíduos de madeira e 6% de biogás) tem alcançado 3% do total da oferta de energia primária e o combustível é usado para geração de calor e energia. Com relação à oferta da bioenergia nas Nações da União Européia, a lenha, os resíduos de cavaco, os resíduos urbanos compõem-se aproximadamente de 3,3% do total de oferta de energia primária da área. A energia da biomassa nesses países é produzida, geralmente, da lenha, do licor negro proveniente das indústrias de papel e do resíduo de cavaco das indústrias de madeira (JUNGINGER et. al., 2001).

A Austrália, de acordo com Fung et al. (2002), é altamente dependente dos combustíveis fósseis para geração de energia, porém com o Protocolo de Kyoto, o país deve diminuir a emissão de CO₂, a partir da utilização da biomassa para geração de energia. Há uma importante fonte potencial de resíduos das atividades do setor

florestal, mas, em 1998, a energia renovável contribuiu com apenas 2,2% do total de energia primária do país.

Entretanto, a grande quantidade de florestas em crescimento e a expectativa de aumento da produção na próxima década oferecem um potencial técnico para geração de energia a partir da biomassa florestal (HALL et al., 2001).

Pode-se afirmar que os investimentos em cogeração de energia elétrica a partir de resíduos estão fortemente condicionados a cinco parâmetros fundamentais (PRETZ, 2000).

Tarifas de energia elétrica: os elevados preços praticados para a energia elétrica no setor agroindustrial e madeireiro, aliado ao perfil de consumo de energia da empresa, são atualmente os fatores de maior importância na viabilização de uma central termelétrica. O custo evitado com a compra de energia elétrica é o parâmetro de maior peso no retorno do investimento;

Meio ambiente: a pressão efetuada por órgãos de controle ambiental sobre as empresas no sentido de se obter locais adequados para a disposição final dos resíduos e as eventuais multas aplicadas são aliadas aos custos para remoção dos resíduos, importantes elementos do processo de decisão. Além disso, a combustão de biomassa sob condições controladas reduz a poluição causada por outras fontes, que seriam mobilizadas caso essa não fosse utilizada (custo ambiental evitado). Certificados Ambientais como a ISO 14000 e os Certificados transferíveis de Emissão de Gás Carbônico criam cenários cada vez mais favoráveis e convincentes aos investidores;

Políticas energéticas: a abertura do setor elétrico, consolidada a partir de 1995, com a Lei 9.074 e a sua regulamentação pelo Decreto 2.003, permitiu a participação de pequenas e médias gerações, em regime de produtor independente e (auto-produtor). Entretanto, as leis e portarias subsequentes, apesar dos grandes avanços, ainda não colocam em igualdade de condições o empresário interessado em vender excedentes de energia perante as concessionárias, ao negociar uma tarifa razoável de venda. Em muitos casos práticos, o investidor opta por uma redução na potência final da unidade como forma de melhorar a taxa de retorno do investimento, pois o projeto dimensionado para queimar toda biomassa disponível agrega custos que pioram o perfil do investimento, devido o preço de venda dos excedentes de energia gerados;

Tecnologias: a correta avaliação do equipamento mais adequado a cada caso pode representar uma maior eficiência energética do processo. Além disso, reduções de custos podem definir a viabilidade de um investimento deste tipo.

Uma central termelétrica vai muito além dos grandes equipamentos como caldeira, turbina e gerador, pois se compõe de uma infinidade de itens importantes técnica e economicamente, os quais irão constituir um sistema que, depois de instalado, deve fazer parte do processo produtivo da empresa e estar perfeitamente integrados a parâmetros como a produção de resíduos, a demanda de energia elétrica e térmica e o regime de operação da empresa.

Sutilezas de comportamento destes parâmetros, aliadas a elementos como a oferta de água (poços artesianos ou rios), características da empresa quanto ao emprego de estufas, outros usos para os resíduos, tipos de motores e suas potências, etc., definem mudanças no projeto, implicando em reduções ou aumento de custos significativos.

Linhas de financiamento: na viabilização econômica de centrais termelétricas, as características do financiamento em termos de prazo, nível de participação e taxas de juros são, nesta ordem de importância, elementos fundamentais na obtenção de um bom perfil de investimentos. Regras como as da Carta Circular 28/96 da FINAME/BNDES, com prazos de financiamento de 10 anos e 3 anos de carência viabilizariam quatro vezes mais projetos do que hoje, podendo ser mantidas as mesmas taxas praticadas atualmente, e dispensado qualquer tipo de subsídio. Observa-se que em 100% dos projetos nos quais as prestações do financiamento permanecem abaixo do valor da conta de energia, as empresas interessadas promovem o investimento.

Segundo Sociedade Brasileira de Silvicultura (2003), com a tecnologia da cogeração é possível gerar, a partir de resíduos da indústria madeireira, não só vapor (energia térmica para processo), como também energia elétrica. Uma tonelada de resíduos verdes, por exemplo, gera cerca de 2,3 toneladas de vapor a uma pressão de 21 kgf. Esse vapor se fosse todo utilizado na geração de energia elétrica, teria condições de produzir cerca de 370 KWh.

2.2 Importância econômica e ambiental do aproveitamento da biomassa

A energia gerada pela biomassa (material orgânico), pode ser convertida em energia utilizável, resíduos agroindustriais (grãos, óleos vegetais e esterco), também conhecidos como “energia verde” ou “bioenergia” (VELÁZQUEZ, 2000).

Segundo Carioca; Arora (1984) e Allen et al. (1998), a utilização de biomassa para fins energéticos, pode ser caracterizada nos seguintes grupos: recursos florestais, representados pelas florestas naturais e plantadas e resíduos agrícolas envolvendo espécies sacarídeas, amiláceas, oleaginosas e resíduos agropastoris.

Os combustíveis primários podem ser usados diretamente (por exemplo, queima da madeira em um fogão para produção de calor) ou podem ser convertidos em combustíveis secundários tais como combustíveis líquidos ou gasosos com o uso das tecnologias tais como a gaseificação, pirólise e digestão anaeróbica (ALLEN et. al., 1998).

De acordo com Berndes et al. (2003), a biomassa tem potencial para o desenvolvimento sustentável de países industrializados, como em desenvolvimento, a biomassa vai ser bastante utilizada no futuro no fornecimento de bioenergia.

O aproveitamento dos resíduos da produção de arroz, florestas plantadas para gerar energia e para a preservação do meio ambiente é a alternativa que vem sendo adotada por empresas de diversos segmentos (KIRUCHI, 2000). De acordo com Coelho (2000), além da geração para uso em seus próprios processos, as empresas também visam à venda dos excedentes de energia elétrica. Também segundo Goldemberg (2002), a biomassa já é usada como fonte de energia elétrica no Brasil em vários setores e muitas empresas estão implantando centrais de cogeração de energia em suas unidades ou buscando novas fontes de renda com a venda de resíduos industriais, como cascas de arroz, restos de madeira, serragem, cascas de árvore, bagaço e cavaco, que são o alvo desse mercado, em virtude da valorização dos recursos energéticos.

2.3 Diferentes biomassas utilizadas como fonte energética

2.3.1 Casca de arroz (Ca)

A formação da casca de arroz como revestimento ou capa protetora dos grãos durante o crescimento do arroz e removidas durante o refino do arroz, estas cascas

possuem baixo valor comercial, pois o SiO_2 e as fibras não possuem valor nutritivo e por isso não são usados na alimentação humana ou animal (AMICK, 1972).

A casca de arroz é composta basicamente de quatro camadas estruturais: 1) epiderme externa, coberta com uma espessa cutícula de células silificadas; 2) esclerênquima ou fibra hipoderme, com parede lignificada; 3) célula parênquima esponjosa e 4) epiderme interna. Dentre as camadas, a sílica encontra-se mais concentrada na epiderme externa (HUSTON, 1972).

Em sua composição, a casca de arroz apresenta um teor de cinzas de 11,4% e, essas cinzas geralmente contêm 80-90% de SiO_2 , 5% de K_2O , 4% de P_2O_5 e 1-2% de CaO e pequenas quantidade de Mg, Fe e Na. Contudo, os principais componentes orgânicos são a celulose, a hemicelulose e a lignina (HOUSTON, 1972 apud POUHEY, 2006 p. 9).

A casca de arroz apresenta característica, tais como: alto poder calorífico (aproximadamente 16,3MJ/kg), um conteúdo de 74% de materiais voláteis e 12,8% de cinzas. Essas características indicam que a casca de arroz pode ser um bom combustível. Portanto, a geração de energia através da queima da casca de arroz é uma alternativa praticável do ponto de vista tecnológico, viável do ponto de vista econômico e ético do ponto de vista ecológico, uma vez que existe tecnologia para a conversão, e a matéria prima é abundante na região Sul e todo o CO_2 produzido na queima volta para o ciclo da biosfera terrestre (HOFFMANN, 2007).

No que se refere à cultura do arroz, neste primeiro levantamento de 2011, a produção esperada é de 12,9 milhões de toneladas, 13,5% superior a registrada em 2010. Essa avaliação praticamente mantém o quadro previsto no terceiro prognóstico, realizado em dezembro, que era de uma produção de 12,8 milhões de toneladas. O acréscimo se deve, notadamente ao Rio Grande do Sul, principal produtor, com 63,9% de participação na produção nacional, que nessa avaliação registra um aumento de 18,7% na produção esperada e 6,4% na área plantada em relação a 2010. Neste Estado houve uma retomada de áreas que na safra 2010, devido às chuvas intensas no período da semeadura, não puderam ser instaladas. Confirma-se, ainda, a tendência de queda na área plantada, agora avaliada em 1,1 milhão hectares, como consequência dos baixos preços do produto e da falta de água nas barragens em algumas regiões do estado (IBGE 2011).

O IBGE 2011 ainda afirma que dos 20 municípios brasileiros que mais produzem o grão, 19 são gaúchos. Dados de safra por cidades do IRGA apontam que na safra

2008/2009 a Microrregião de Restinga Seca - RS foi responsável pela produção de 320.310 toneladas de arroz. Gerando uma quantidade estimada de 70 mil toneladas de casca de arroz.

Os resíduos sólidos são separados em três classes, conforme Resolução do CONAMA n. 23 de 1996: Classe I, resíduos perigosos; Classe II, resíduos não perigosos e não inertes; e Classe III, resíduos inertes. A mesma legislação ainda define “outros resíduos que representam os resíduos domésticos, ou o resultado da incineração dos mesmos. De acordo com esta classificação, a casca de arroz é considerada um resíduo sólido pertencente à Classe II, estes resíduos segundo a NBR ABNT 10.004 possuem algumas propriedades como biodegradabilidade e combustibilidade.

Dado apresentado pelo IBGE é toneladas de arroz em casca produzido, portanto é necessário considerar apenas a casca como resíduo agrícola aproveitável, que neste caso representa 30% no peso total do arroz com casca. O Poder Calorífico Inferior (PCI) da casca é de 3384,09 kcal/kg (COELHO et .al., 2000).

2.3.2 Lenha

Segundo Castro (2001) cerca de 60% da energia da madeira provém de suas resinas e os 40% provém de seu carvão, tem na sua composição: 49% de C, 6% de H₂; 0,2% de N₂ (cálcio, potássio, magnésio, fosfato, sulfato e silicato) e um poder calorífico de 3300 Kcal/kg, de modo que 1m³ de madeira produz 2800 kWh.

Atualmente as economias menos desenvolvidas no mundo ainda apresentam em suas matrizes energéticas mais de 90% de participação da lenha como fonte de energia, situação que o Brasil reverteu a partir da década de 30 (BEN, 2010).

Segundo BEM (2010), No início da década de 40 o Brasil apresentava mais de 80% de participação da lenha em sua matriz energética. Em 2010 este indicador já era de um pouco menos de 10%, substituído principalmente pelo gás liquefeito de petróleo, boa parte da lenha extraída no País é transformada em carvão vegetal, um produto mais nobre e com maior concentração de carbono. O Brasil é o único país do mundo que faz utilização extensiva do carvão vegetal na indústria siderúrgica. Atualmente, 34%

da lenha é convertida em carvão vegetal e 28% tem uso direto na indústria, para produzir calor de processo. Outros 27% são ainda utilizados para cozinhar alimentos.

De acordo com o Balanço Energético Nacional/2004, cerca de 63% da lenha são destinados à transformação em carvão vegetal e ao uso como energético nas indústrias de alimentos e bebidas, papel e celulose e cerâmica; a espécie mais usada para essas finalidades é o eucalipto, extensamente estudado por empresas siderúrgicas de Minas Gerais (Acesita, Belgo-Mineira e Mannesmann, entre outras) e pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. A Série de Publicações Técnicas do CETEC contém importantes informações sobre o processo de produção de carvão vegetal, sendo praticamente a única fonte pública de dados sobre as propriedades físico-químicas do eucalipto. Assim, o coeficiente de emissão para o eucalipto pode ser considerado como representativo do uso energético da lenha o processamento, que neste caso representa 50% no peso total da madeira em tora.

2.3.3 Serragem e maravalha (resíduos de serraria)

Os principais resíduos da indústria madeireira são: a) a serragem, originada da operação das serras, que pode chegar a 12% do volume total de matéria-prima; b) os cepilhos ou maravalhas, gerados pelas plainas, que podem chegar a 20% do volume total de matéria-prima, nas indústrias de beneficiamento; c) a lenha ou cavacos, composta por costaneiras, aparas, refilos, cascas e outros, que pode chegar a 50% do volume total de matéria-prima, nas serrarias e laminadoras (HÜEBLIN, 2001).

Segundo a (IBQP, 2002), geração de resíduos é consequência direta da transformação da madeira maciça ou painéis de madeira reconstituída. De acordo com suas características morfológicas podemos classificar os resíduos como cavacos (partículas com dimensões máximas de 50 x 20 mm, em geral provenientes do uso de picadores), maravalha (resíduo com mais de 2,5 mm), serragem (partículas de madeira provenientes do uso de serras, com dimensões entre 0,5 a 2,5 mm), e por fim, o pó (resíduos menores que 0,5 mm). Considerando-se as três principais etapas de processamento mecânico da madeira, com variadas aplicações comerciais.

2.3.4 Cavaco de madeira

Cavacos de resíduos da floresta, como ramos, copas de árvores ou árvores inteiras, com valor comercial reduzido, contém uma percentagem de umidade na ordem dos 50%, o seu tamanho varia desde partículas de pó até cavaco e contém casca e folhas. Este combustível é adequado para as caldeiras que se encontram nas grandes centrais de produção de calor ou de produção de energia elétrica, como Centrais Termoelétricas a Resíduos Florestais, como contribuição ao meio ambiente, a utilização da biomassa sob uma forma de renovação contínua, permite a fixação do carbono por meio de um balanço natural de equilíbrio entre carbono emitido na queima e o carbono capturado pela nova planta em crescimento, além da ausência de enxofre na biomassa. Juntamente com a conservação e o uso racional da energia, a utilização da biomassa, de maneira equilibrada, pode tornar-se o grande salto tecnológico para a produção de energia, associada ao conceito de desenvolvimento sustentado, garantindo o crescimento econômico e a preservação ambiental (VELÁZQUEZ, 2000).

2.4 Situação brasileira do aproveitamento da biomassa e resíduos de base florestal para geração de energia.

Segundo Coelho (2002), a crescente preocupação ambiental que caracterizou a década de 90 criou novos desafios para este século, como a necessidade de inserir o meio ambiente nas políticas e planos de desenvolvimento em âmbito mundial.

Neste contexto, merecem especial atenção as regiões onde o extrativismo seja base das atividades econômicas praticadas.

No Brasil, esse desafio acentua-se na Região Amazônica, devido à forma não planejada com que são explorados seus recursos naturais e a biomassa disponível na região. O Brasil é um de poucos países industrializados no mundo em que as fontes de energia renováveis representam uma parte significativa da matriz energética nacional (WALTER, 2001).

Segundo o Balanço Energético Nacional 2003, 41% da oferta interna de energia teve origem em fontes renováveis. A hidroeletricidade é a fonte de energia renovável mais

importante, contribuindo com 14% do total de energia produzida, seguida por subprodutos da cana-de-açúcar (álcool e bagaço), 12,6% e por madeira (lenha e carvão vegetal), 11,9%. Além disso, outras fontes de energia renovável, como o licor preto e os resíduos agrícolas, representam 2,5% (BRASIL, 2003). Ainda de acordo com o autor, no que se refere à biomassa, os setores industrial (63,1%) e o residencial (18,6%) são os principais consumidores, seguidos do setor de transporte (13,3%), correspondente ao álcool combustível. O alto incremento do uso industrial de biomassa, na primeira metade da década de 80, deve-se ao carvão vegetal que substituiu óleo combustível e ao bagaço de cana utilizado na produção de álcool. Ressalta-se que o consumo de biomassa nos setores residencial e agropecuário vem diminuindo em razão da menor utilização da lenha (IBGE 2004).

Já a oferta média de energia renovável mundial é de 14% do total de energia produzida, sendo a biomassa responsável por 11,5% e a hidroeletricidade por 2,3%, e nos países da OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) é de 6% (BRASIL, 2003).

De acordo com último levantamento de produção agrícola feito pelo IBGE a região Nordeste responde por 7,87% da produção total, e as regiões Norte, Sudeste são responsáveis, respectivamente por 2,40%, 13,30% e 32,03% e a região Sul tem uma participação de 40,40%.

2.5 Tecnologias empregadas na queima de combustíveis para geração de calor em olarias

2.5.1 Forno do tipo Hoffmann

É o mais comum forno do tipo contínuo na queima de blocos, muito econômico e de manuseio simples, apresentando boa produtividade e baixo consumo de energia. Usa o ar quente proveniente das câmaras antecessoras nas seguintes, já que todas são interconectadas, os cuidados residem na possibilidade de requeimas na soleira (parte inferior) e queima insuficiente no teto, falta de oxigenação das porções laterais e ocorrência de peças com trincas de secagem. Controlar as passagens de ar quente e não

manter observação constante durante a queima são diretrizes importantes na operação deste tipo de forno, nesse modelo são comuns requeimas na soleira (parte inferior) e queima insuficiente no teto, falta de oxigenação das porções laterais e ocorrência de peças com trincas de secagem (HENRIQUES,1983).



Figura 1 – Foto do forno do tipo Hoffmann.
Fonte: Baccelli Júnior (2010).

2.5.2 Forno contínuo tipo túnel

Oferece ótimo rendimento operacional e energético. A movimentação das peças é feita em carros metálicos (vagonetas), sobre os quais é montada uma base cerâmica, onde são arrumadas as pilhas de peças. Neste modelo, o ar quente que está saindo da zona de resfriamento pode retornar à zona de combustão ou auxiliar na secagem das peças. É preciso manter limpa a saída da chaminé e evitar barreiras que atrapalhem a circulação das vagonetas, a eficiência térmica do forno túnel é aproximadamente a mesma dos fornos de câmara, porém há uma economia no trabalho requerido para carregamento de descarga (NORTON, 1973).

A principal limitação para o uso deste tipo de forno, é que uma vez ajustado e em serviço só podem queimar peças do mesmo tipo, com dimensões similares. No

entanto, na atualidade se constroem satisfatoriamente fornos de túnel pequenos, os quais podem ser utilizados em qualquer indústria cuja produção seja regular (JUSTO, 1999).

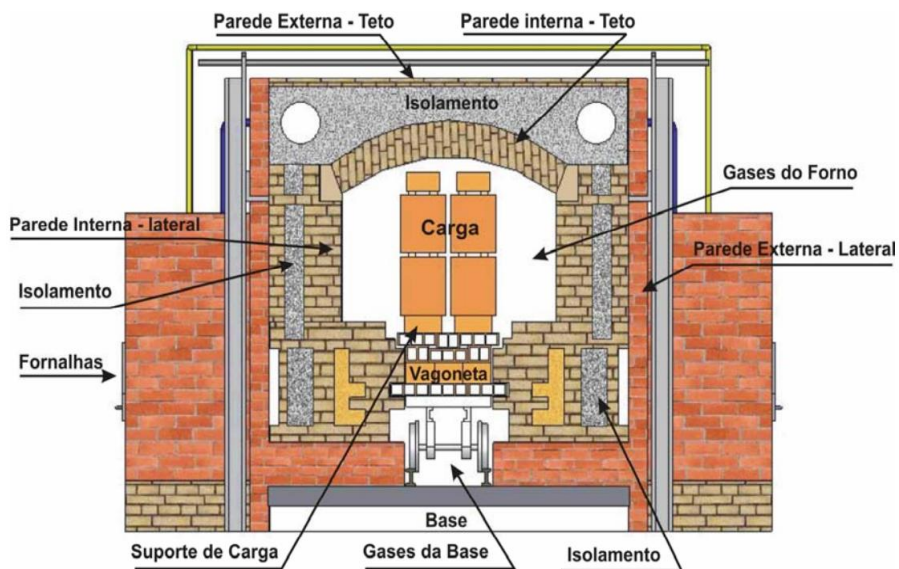


Figura 2 – Desenho esquemático do forno tipo túnel.
Fonte: Henriques Júnior (1983).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época da realização do trabalho

3.1.1 Área de pesquisa

A presente pesquisa foi realizada no período de novembro de 2010 a agosto 2011, em Olarias nas Cidades de Santa Maria, São João do Polêsine e Faxinal do Soturno, região da Depressão Central do Rio Grande do Sul, localizadas entre as coordenadas 29°34' e 29°41'S e 53°28'e 53°48'W, estando a uma altitude média de 53 e 113 metros, conforme mostrado na Figura 3.

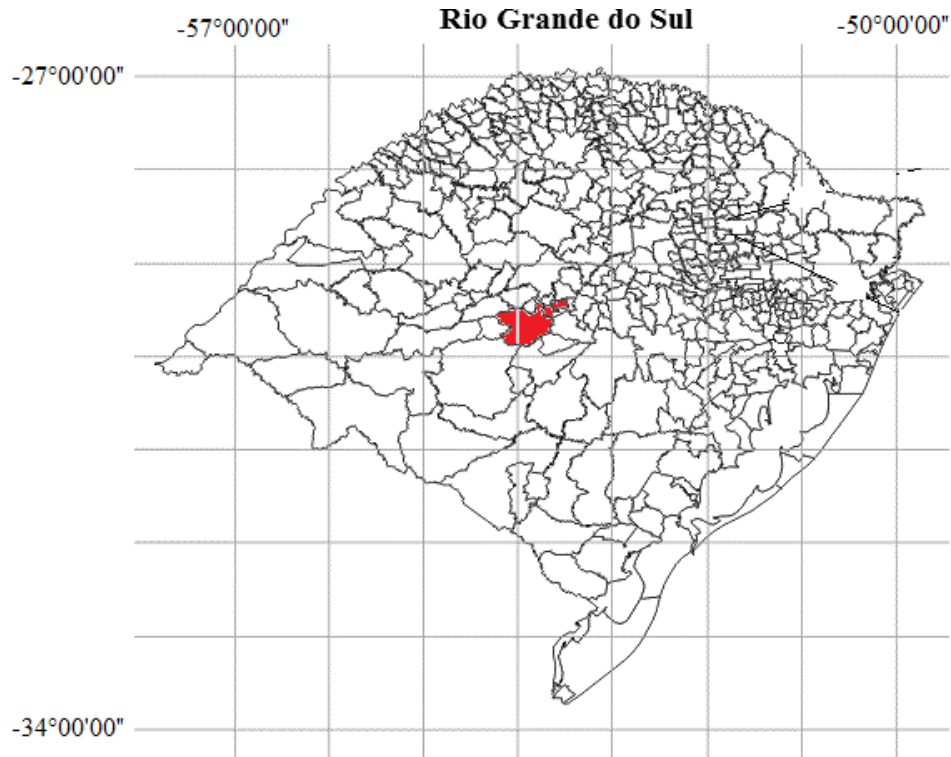


Figura 3 – Localização da área de estudo nos municípios de Santa Maria, São João do Polêsine, Faxinal do soturno, RS.
Fonte: adaptada de Longhi (2011).

3.2 Coleta de dados

Os dados foram obtidos em 12 olarias de três municípios da região central, Santa Maria, São João do Polêsine, Faxinal do Soturno, através da aplicação de um questionário semiestruturado (em anexo), em entrevista direta com o proprietário ou funcionário vinculado ao empreendimento, com o qual se buscou identificar algumas características de cada cerâmica, como volume de combustível/biomassa (lenha, cavaco de madeira, serragem e casca de arroz), preço e origem das biomassas e principais problemas enfrentados pela atividade cerâmica.

A identificação das empresas foi feita por letras, a fim de manter os nomes preservados.

Os dados foram tabulados em planilha Microsoft Excel 2010 e calculados os somatórios e as médias. Foram feitas visitas técnicas periódicas, para coletas de amostras de cinzas em cinco olarias de quatro tipos de biomassas das 12 pesquisadas. A Figura 4, nos mostra o material coletado das olarias e enviado ao laboratório para posterior análise.



Figura 4 – Amostras de cinzas de biomassas enviadas ao laboratório de química - CCNE-UFSM.
Fonte: própria do autor.

3.2.1 Análise química

Alíquotas de 250 mg de amostra foram pesadas e transferidas para frascos de politetrafluoretileno (PTFE). Para a decomposição das amostras foram adicionados 10 mL de HNO₃ e 1 mL de HF (ambos concentrados).

A mistura foi deixada em repouso por um período de aproximadamente 12 h e então aquecidas em bloco digestor a temperatura de 100 °C durante 2h:30min. Após arrefecimento da solução foi adicionado 1 mL de H₂O₂ (30% m/m). A mistura foi aquecida por mais 30 minutos nas condições supracitadas. Após arrefecimento, a solução foi transferida para frascos de polipropileno, sendo o volume completado a 50 mL. Os brancos foram feitos empregando somente os reagentes, os quais foram submetidos ao mesmo procedimento de preparo. Todos os ensaios foram feitos triplicata.

As amostras foram analisadas por ICP OES (SpectroCiros CCD, Spectro Analytical Instruments, Alemanha) equipado com nebulizador pneumático do tipo “cross-flow” (Spectro Analytical Instruments), câmara de nebulização de duplo passo (tipo Scott, Spectro Analytical Instruments) e tocha com injetor de quartzo de 2,5 mm de diâmetro interno. O plasma foi gerado a partir de argônio (99,996% de pureza,).

Para determinação da concentração do elemento (em mg.kg⁻¹), são levados em consideração a massa exata de amostra decomposta, o volume final da solução, o fator de diluição (caso exista) e o valor determinado pelo equipamento (em g.L⁻¹). O procedimento do calculo:

Foram decompostos 0,054 g de amostra, sendo a solução obtida transferida para frasco graduado e o volume foi aferido até 25 mL. Antes da determinação no equipamento, a amostra diluída 10 vezes, com a concentração obtida de 36,6 ± 1,2 g L⁻¹. Para determinar a concentração e o desvio padrão em mg.kg⁻¹, o procedimento feito é o seguinte:

1º) Multiplicar o valor da concentração e do desvio padrão pela diluição:

$$10 \times (36,6 \pm 1,2 \text{ g.L}^{-1}) = 366 \pm 12 \text{ g.L}^{-1} \text{ ou } 0,366 \pm 0,012 \text{ mg.L}^{-1}$$

2º) Estimar a quantidade do elemento no volume de aferição (25 mL):

$$0,366 \text{ mg} \text{ ---- } 1 \text{ L}$$

$$X \text{ mg} \text{ ---- } 0,025 \text{ L}$$

$$X = 0,00915 \text{ mg}$$

3º) O valor de 0,00915 mg foi obtido de 0,054 g de amostra. Determinou-se então a quantidade existente em 1 kg de amostra:

0,00915 mg ---- 0,054 g

X g ---- 1000 g

$X = 169,4 \text{ mg.kg}^{-1}$

4º) Para determinar o valor do desvio padrão na mesma unidade, utilizou-se o valor do desvio padrão no lugar do valor da concentração, a partir do 2º passo.

Resultado Final: $164,9 \pm 5,5 \text{ mg.kg}^{-1}$

Para a determinação de carbono as amostras (Figura 3) foram analisadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos, do Centro de Ciências Rurais da UFSM.

Os teores de C_{totais} foram determinados em auto analisador CHNS (modelo FlashEA 1112, Thermo Finnigan, Milan, Itália) utilizando alíquotas de 3 a 7 mg de amostra conforme a Figura 5.



Figura 5 – Amostras de cinzas de biomassas laboratório física do solo CCR-UFSM.
Fonte: própria do autor.

O processo que analisa a composição elementar em percentual de cada elemento presente no composto, que por combustão flash dinâmico produz combustão completa da amostra dentro de um reator de alta temperatura, seguido de uma determinação exata dos gases elementares produzidos utilizando um detector de condutividade térmica é mostrado na Figura 6.

A amostra é pesada em cápsulas de estanho, colocado dentro do amostrador automático à uma hora, e depois deixados cair dentro do reator de oxidação/redução mantidos a uma temperatura de 900 - 1000 °C. A exata quantidade de oxigênio necessário para a combustão ótima da amostra, é entregue na combustão do reator em um momento preciso. A reação do oxigênio com a cápsula de estanho é elevada e a temperatura gera uma reação exotérmica, que eleva a temperatura até 1800 °C para alguns segundos. A esta elevada temperatura as substâncias, tanto orgânicas como inorgânicas, são convertidas em gases elementares que, após a redução, são separadas em uma coluna cromatográfica e finalmente capturadas por um detector de condutividade térmica extremamente sensível.



Figura 6 – Procedimento análise de carbono.
Fonte: Thermo Finnigan (2001).

3.3 Consumo específico

Os valores de consumo da biomassa necessária para produção mensal de tijolos foram coletados, junto às olarias, através de questionário dirigido.

Em olarias que consomem lenha, a cubagem é feita por metro cúbico, a mesma é colocada sobre o forno de acordo com a quantidade de tijolos a serem queimados.

A alimentação, que é feita manualmente, é dosada por uma verificação visual, que de acordo com a cor dos tijolos (vermelho intenso), são divididos em compartimentos, denominados poços ou câmeras. A queima se dá de câmera em câmera, ou seja, enquanto uma esta queimando, os posteriores estão em fase de aquecimento, aproveitamento o calor da queima, e os anteriores estão resfriando, com o uso do ar ambiente.

Já para o cálculo do consumo de serragem e casca de arroz, nas pequenas olarias, é empregada uma metodologia empírica baseada na medição direta do volume que entra no forno, ou seja, usam-se duas caçambas do caminhão (9 m³) para a secagem de aproximadamente vinte mil tijolos maciços. O abastecimento é feito utilizando uma Rosca sem fim / chupin para elevar a biomassa para parte superior do forno onde é abastecido manualmente.

Quando do uso de cavacos de madeira, fato esse que ocorre nas olarias automatizadas, é adquirida a lenha e a própria olaria, através de um picador, faz a transformação em cavacos. O envio destes até o forno é feito por uma esteira, na parte superior, cujo controle é automatizado através do controle da temperatura, e o combustível se abastece automaticamente até o fim do processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfil das indústrias cerâmicas da região

Conforme levantamento realizado, por meio de um questionário de entrevistas (anexo A), constatou-se que as empresas apresentam uma divisão, uma com foco mais familiar e outro com foco industrial. Em relação a primeira, os proprietários são herdeiros, a mão de obra é basicamente familiar, tendo como uma produção limitada com venda local, maquinário obsoleto, sem perspectivas de ampliação e modernização e a biomassa usada como combustível é a casca de arroz e serragem/ maravalha disponível na região e por ser de baixo custo tendo como obstáculos custos financeiros para o cumprimento da legislação ambiental no que tange a extração da argila e na compra da biomassa para energia.

Ao contrário da primeira, estas empresas de porte maior não estão vinculadas a administração familiar e focadas no volume de produção, tecnologias automatizadas, variedade de produtos produzidos, eficiência, possibilidades aperfeiçoamento e treinamento oferecidas aos funcionários e condições adequadas de trabalho, demanda de produção atendendo ao consumidor local e regionalmente. Por fim, a biomassa mais usada é o cavaco de madeira, por sua maior eficiência e poder calorífico.

Foram identificados basicamente dois tipos de fornos: do tipo Hoffmann e do tipo Túnel. Das doze olarias estudadas, foram encontrados dez (10) fornos do tipo Hoffmann e dois (2) do tipo Túnel.

4.2 Teores de macro e micronutrientes

Os valores da análise química de macro e micro nutrientes, referente as 11 amostras de cinzas de 4 tipos de biomassas queimadas nas olarias estão apresentadas na Tabela 1, onde são discutidos os valores médios.

Tabela 1 – Valores de macro e micronutrientes, em g.kg^{-1} e mg.kg^{-1} , das cinzas coletadas de quatro tipos de biomassas queimadas nas olarias pesquisadas.

Biomassa	Empresas	Macronutrientes (g.kg^{-1})					Micronutrientes (mg.kg^{-1})				
		P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Lenha	F	7,5	0,4	129,0	11,0	2,0	4043,0	56,0	6897,0	8394,0	31,0
	D	1,4	0,7	4,2	1,3	1,0	823,0	5,8	387,0	1252,0	19,0
Casca de arroz	J	1,0	0,6	3,8	0,7	0,5	598,0	6,0	306,0	856,0	25,0
	J	1,1	1,0	3,4	0,8	0,2	2617,0	9,9	608,0	1053,0	36,0
	J	0,35	1,6	10	1,4	0,3	3244,0	0,35	1284,0	1497,0	51,0
	Média	1,0	1,0	3,0	1,1	0,5	1820,5	5,5	646,3	1164,5	32,8
	CV%	43,3	46,2	58,7	31,0	192,3	72,0	70,6	68,7	23,6	42,9
Serragem	G	6	4,2	269	13	1,6	194	71	4377	8453	55
	G	6	13,2	154	9,8	4	180	1636	12776	6132	1024
	G	7	0,35	153	9,2	3,5	180	177	6819	8044	464
	Média	6,3	5,9	192,0	10,7	3,0	192,7	628,0	7990,7	7543,0	514,3
	CV%	9,1	111,5	34,7	19,2	41,7	0,6	139,3	54,1	16,4	94,6
Cavaco de madeira	D	5	14,4	79	7,2	0,4	232	44	13539	3405	35
	D	4,5	10,3	1,2	1,5	1	3359	0,35	1631	304	37
	C	11,2	50,7	376	28,6	6,4	441	63,8	28,6	12,3	10,8
	Média	6,9	25,1	152,1	12,4	2,6	1344,0	36,1	5066,2	1240,4	27,6
	CV%	54,1	88,5	130,1	114,9	127,1	130,1	89,9	145,7	151,6	52,8

Fonte: dados da pesquisa.

Os valores de nutrientes obtidos de cinzas em diferentes tipos de biomassa onde, foram coletadas uma amostra para lenha, quatro amostras para casca de arroz, quatro amostras para serragem e três amostras para cavaco de madeira. Esse procedimento foi adotado em virtude do custo das análises serem elevados. Em virtude da biomassa lenha conter uma única amostra, para facilitar a comparação foram calculados valores médios para as demais tipos de biomassas, conforme (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores médios de macro, micronutrientes das amostras de cinzas de quatro tipos de biomassas.

Biomassa	P K Ca Mg S					B Cu Fe Mn Zn				
	(g.kg ⁻¹)					(mg.kg ⁻¹)				
Lenha	7,5	0,4	129,0	11,0	2,0	4043,0	56,0	6897,0	8394,0	31,0
Casca de arroz	1,0	1,0	3,0	1,1	0,5	1820,5	5,5	646,3	1164,5	32,8
Cavaco de madeira	6,9	25,1	152,1	12,4	2,6	1344,0	36,1	5066,2	1240,4	27,6
Serragem	6,3	5,9	192,0	10,7	3,0	192,7	628,0	7990,7	7543,0	514,3

Fonte: dados da pesquisa.

Analisando-se a Tabela 2 pode-se afirmar que:

Fósforo (P)

Mostra-se com grandes variações em suas concentrações entre as diferentes biomassas analisadas, de 1,0 g.kg⁻¹ na casca de arroz, a 7,5 g.kg⁻¹, na lenha. Comparativamente, Dallago (2000), obteve valores de 1,3 g.kg⁻¹ a 2,3 g.kg⁻¹, em estudo com cinzas de madeira de acácia-negra. Com relação a esses valores seguem características de cada cultura e solo.

Potássio (K)

Os teores de K apresentaram valores crescentes variando de 0,4 (lenha) a 25,1 g.kg⁻¹ (cavaco de madeira). Conforme demonstrado na Tabela 2, os teores de K apresentaram comportamento diferenciado dos demais nutrientes analisados na biomassa cavaco de madeira. Os teores de K na parte aérea apresentaram valores crescentes variando de 5,5 (na testemunha) a 10,2 g kg⁻¹ (com 30 t de cinza.ha⁻¹), na acácia negra (DALLAGO, 2000).

Cálcio (Ca)

A concentração de Ca apresentou valores também crescentes, variando de 3,0 (casca de arroz) a 192 g kg⁻¹ (serragem). Concentrações de Ca na acácia-negra também analisado por Dallago (2000), variando de 3,3 a 14,1 g kg⁻¹, sendo seus valores maiores mais próximos à copa das árvores.

Magnésio (Mg)

Este macronutriente foi mais estável comparativamente entre as diferentes biomassas (10,7 a 12,7 g.kg⁻¹) divergindo da casca de arroz. Concentração de Mg na parte aérea das plantas de acácia-negra, e o alto teor de Mg no solo para todos os tratamentos, foram interpretados com base na COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS/SC (1994), concluindo-se que, provavelmente, a acácia-negra na fase inicial possui um sistema eficiente na utilização de Mg, apresentaram valores crescentes com as aplicações de cinza, obtendo-se uma variação de 2,5 a 7,1g.kg⁻¹.

Enxofre (S)

Observa-se que para o Enxofre os elementos relacionados com a madeira que são eles a lenha, o cavaco da madeira e a serragem não diferiram, sendo valores próximos de 2,6. Já para a casca de arroz a média foi de 0,5. No experimento de Dallago (2000) não obteve valores para enxofre.

Micronutrientes

As maiores quantidades de micronutrientes presentes nas biomassas estudadas foram manganês, ferro e boro, principalmente na lenha e no cavaco de madeira. Os micronutrientes são essenciais para as plantas, sendo absorvidos em pequenas quantidades. Segundo Malavolta (1979), o manganês aumenta a resistência a doenças; colabora com o cloro da fotossíntese e em relação ao ferro atua na fixação de nitrogênio e na síntese de clorofila já o elemento boro colabora com o cálcio, maior pegamento das floradas, aumenta a granação e diminui o chochamento de grãos.

A Tabela 3 mostra a relação dos valores de Carbono, observados e, do poder calorífico conforme apresentado na literatura.

O uso da biomassa para geração de energia deve necessariamente levar em conta as características particulares de cada tipo, no que se refere à combustão. A biomassa adquirida pelas empresas para geração de energia geralmente apresenta-se muito heterogênea. Diferentes tipos de materiais são adquiridos, os quais podem ser provenientes de diversos fornecedores.

Tabela 3 – Valores das médias de carbono (%) de cinzas amostradas em biomassas coletadas nas olarias e, poder calorífico inferior (PCI) obtidos na bibliografia.

Biomassas	C (%)	PCI (MJ/kg)	Fonte
Lenha	4,7	19,4	Jenkis(1990)
Casca de arroz	17,9	14,6	CIENTEC(1986)
Cavaco de madeira	7,1	10,8	Fontes(1994)
Serragem	5,2	9,4	Fontes(1994)

Fonte: dados da pesquisa.

Segundo a mesma literatura, a lenha é a que apresenta o maior poder calorífico inferior (19,4 MJ/kg), dentre as biomassas avaliadas.

Já quanto ao carbono, a maior concentração foi constatada na análise feita com a casca de arroz (17,9%). Valores semelhantes foram encontrados por Demirbas (2004), Nogueira (2007) e Diniz (2005), em pesquisa com o mesmo tipo de biomassa.

Independentemente das espécies componentes, do estágio de sucessão em que a floresta se encontra e do tipo de solo, os maiores teores de carbono estão nos primeiros 20 cm de profundidade e os teores diminuem na medida em que ela aumenta, em função do teor mais elevado de matéria orgânica nesta profundidade, oriundo principalmente da decomposição da serapilheira (CALDEIRA et al., 2002).

O carbono orgânico no solo existe como uma mistura heterogênea de uma ampla gama de materiais orgânicos que inclui desde moléculas simples como aminoácidos e açúcares monoméricos, moléculas poliméricas como celulose, lignina e proteínas, e pedaços de plantas e resíduos de microorganismos. A maior parte do material de origem é oriunda de plantas e microorganismos (BALDOCK, 2007).

Berg e McClaugherty (2008) afirmam que fatores como o clima, os nutrientes encontrados solo promovem o crescimento das plantas, as espécies de plantas, o manejo florestal e a deposição de nitrogênio, influenciam nas taxas de fixação de carbono regionais. Ainda segundo os autores, um solo rico em nutrientes pode promover o crescimento das árvores, resultando em uma maior deposição de serapilheira. Assim, pode-se supor que um solo mais rico em nutrientes proporcionará uma maior fixação de carbono pelas árvores.

Considerando se que a relação C/N da microbiota decompositora de resíduos no solo apresenta valor aproximado de 10:1, e que sejam liberadas duas moléculas de CO₂

para cada carbono incorporado à biomassa microbiana, a mineralização de N pode ocorrer com a adição de resíduos com relação C/N menor que 30:1. Esta relação de C volatilizado e C incorporado à biomassa pode, entretanto, ser muito variável, dependendo principalmente da temperatura, do suprimento de oxigênio e da umidade (TEDESCO et al., 1999).

O uso de cinzas na agricultura, além de minimizar o potencial poluente, pode servir como corretivo do solo para beneficiar a produtividade das culturas. No entanto, antes de ser utilizada como corretivo, é importante realizar a análise química para conhecer a quantidade de nutrientes nela contida e seu potencial corretivo, pois a concentração de nutrientes varia de acordo com o tipo de material vegetal queimado (DAROLT et al., 1993).

Conforme a Figura 7 A o tijolo apresenta características de boa qualidade e uniformidade devido ao processo produtivo, mão de obra qualificada, com capacitação técnica e gerencial e tipo de forno automatizado. Já na Figura 7 B o tijolo não apresentou boa qualidade pelo método produtivo tradicional, o que pode estar atrelado desde a formação, extrusão até a queima do material.

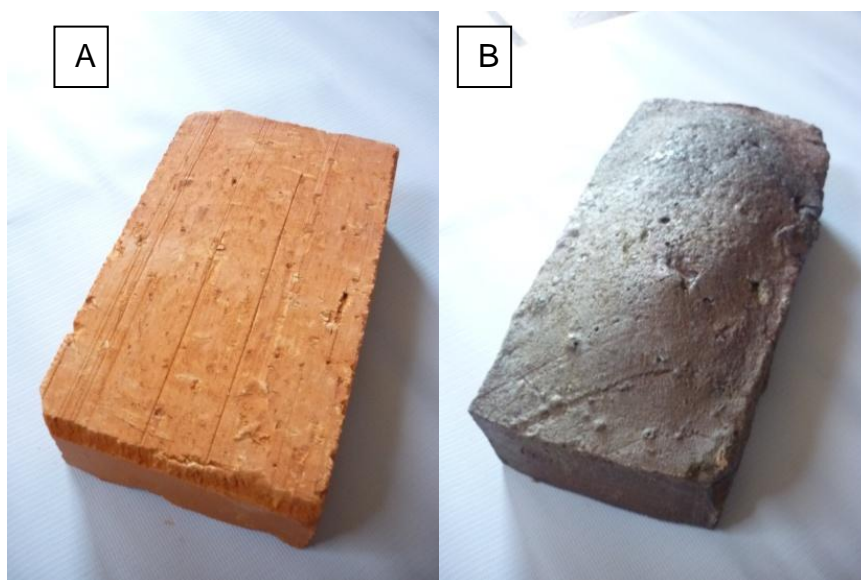


Figura 7 – Tijolos de tijolos queimados com diferentes biomassas. (A) queimado com cavaco de madeira e (B) tijolo queimado com casca de arroz.
Fonte: própria do autor.

4.3 Custos e consumos de biomassas

Os valores do percentual de lenha é da ordem de 42%, valores de casca de arroz e cavaco de madeira se equivalem em quantidades necessárias para o uso na queima de tijolos (25%) e serragem na ordem de (8%).

Na Figura 8, está disposto o percentual das olarias pesquisadas por biomassa utilizadas para fabricação de tijolos maciços e de seis furos.

Para o cálculo do consumo específico fez-se a relação entre a quantidade de energia consumida e o produto obtido, resultados estes constantes na Tabela 4 a seguir.

Segundo a Tabela 4 pode-se verificar que a biomassa lenha possui valores inferiores em relação à casca de arroz e cavaco de madeira, quanto ao consumo necessário para a queima de 1000 tijolos, em m³. Ressalva-se também que o maior valor de consumo foi constatado quando a biomassa utilizada foi a serragem, do setor moveleiro da região e oriunda de uma mescla de diferentes espécies florestais, constatou-se que devido a umidade da biomassa casca de arroz, serragem e cavaco de madeira, seu valor de comércio apresentam valores de mercado muito baixos.

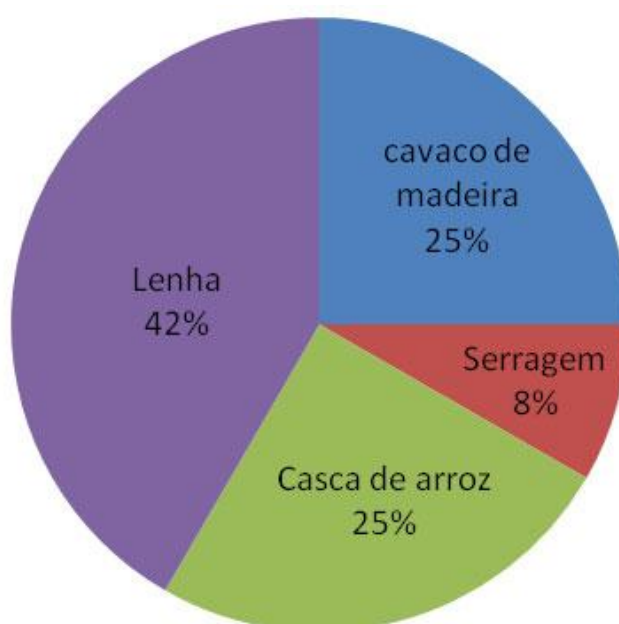


Figura 8 – Percentual de empresas por biomassas utilizadas.
Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 4 – Consumo específico de biomassas (m³/1000 tijolos).

Olarias	Lenha	Casca de arroz	Cavaco de madeira	Serragem	Tipo de forno
A	0,68	-	-	-	Hoffmann
B	0,58	-	-	-	Hoffmann
C	-	-	0,88	-	Túnel
D	-	-	1,30	-	Túnel
E	0,95	-	-	-	Hoffmann
F	0,41	-	-	-	Hoffmann
G	-	-	1,00	1,81	Hoffmann
H	-	1,08	-	-	Hoffmann
I	0,62	-	-	-	Hoffmann
J	-	0,80	-	-	Hoffmann
K	-	0,90	-	-	Hoffmann
Média	0,65	0,92	1,06	1,81	-

Fonte: dados da pesquisa.

Pode-se observar que os valores de casca de arroz e cavaco de madeira quase se equivalem em quantidades necessárias para queima de tijolos (0,92 e 1,06 m³/1000 tijolos, respectivamente). Quando o combustível é a lenha o consumo necessário é um pouco menor, ou seja, 0,65 m³/1000 tijolos, sendo essa necessidade menor em relação ao cavaco estar relacionado com a composição das espécies arbóreas picotadas para formação dos cavacos (eucalipto, pinus), conforme Figura 9.

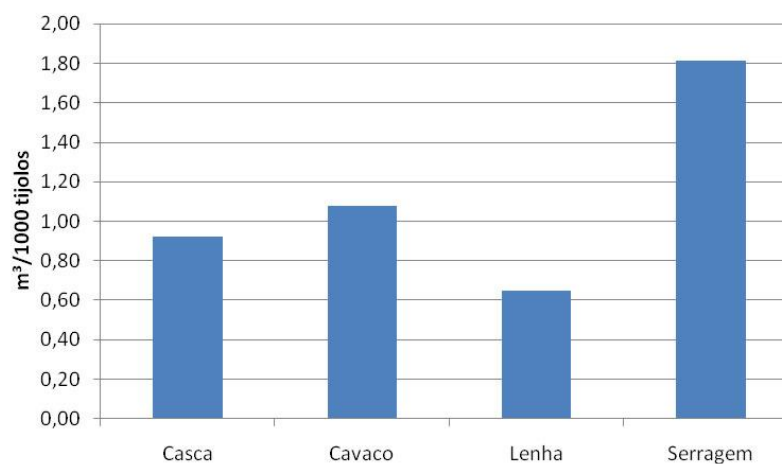


Figura 9 – Consumo médio de biomassa utilizada na produção de tijolos.
Fonte: dados da pesquisa.

A quantidade de serragem utilizada na queima possui um valor de 1,81 m³/1000 tijolos, esse dado está relacionado com a procedência do material que vem de serrarias onde são utilizadas espécies com alto poder calorífico.

4.3.1 Análise econômica

Quando se compara o preço do milheiro do tijolo em relação ao da biomassa utilizada verifica-se que a casca de arroz é a que apresenta os menores custos, já a lenha alcança o maior valor, ficando o cavaco de madeira e a serragem com valores intermediários, conforme Figura 10.

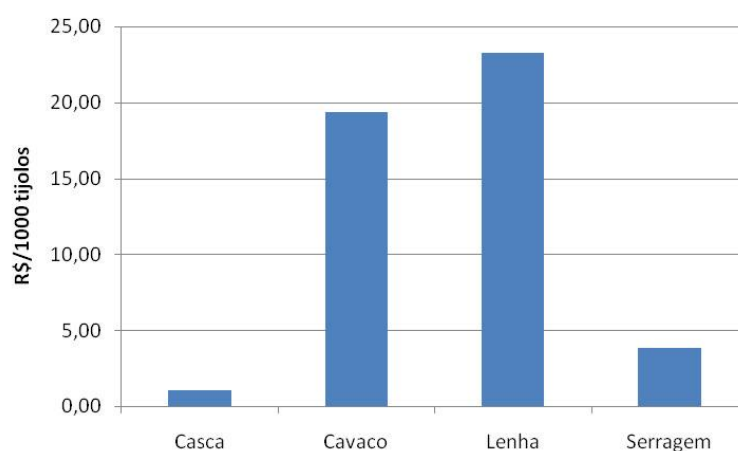


Figura 10 – Valores gastos em R\$ para produzir 1000 tijolos.
Fonte: dados da pesquisa.

É importante ressaltar que esse valor encontrado representa uma média, incluindo as variáveis: material combustível e dois tipos de fornos (túnel e Hoffmann).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após a análise dos dados chegou-se as seguintes conclusões:

- Dos dois tipos de fornos encontrados, o forno do tipo Hoffmann foi o mais comum, encontrado em 10 olarias de menor porte e pequena escala de produção de matéria prima, e ainda de gestão familiar, produzem em torno de 20 a 100 mil peças/ mês. A biomassa mais comum para esse tipo de forno é a lenha, devido sua maior disponibilidade, porém com maiores custos. Em períodos de escassez de lenha, utiliza-se casca de arroz e serragem como combustível. A utilização da casca de arroz e serragem, deve ao fato de estarem disponível em grande quantidade na região, e custos apenas de transporte.
- Os fornos tipo Túnel, identificados em apenas duas olarias, são os de maior porte e escala de produção, produzindo em torno de 500 mil a 1 milhão de peças/ mês. A biomassa mais comum para este tipo de forno é o cavaco de madeira, por estes serem automatizados e o material combustível ser fácil manuseio e queima mais uniforme.
- Os macronutrientes, presentes na composição química das cinzas, ocorreram na seguinte ordem decrescente: cálcio, magnésio, fósforo, potássio e enxofre.
- Os micronutrientes, estes ocorreram na seguinte ordem decrescente: ferro, manganês, boro, zinco e cobre.
- O uso agrônômico da cinza pode favorecer a obtenção de mudas de qualidade e ainda resolver o problemas da indústria com a alocação deste resíduo, imprimindo sustentabilidade nos sistemas de produção, as cinzas apresentam em sua composição química, nutrientes, além de bases capazes de neutralizar a acidez do solo, desse modo tem efeito fertilizante e corretivo do solo.

- Assim, nos estudos onde se utiliza a cinza, torna-se necessário isolar os efeitos, a fim de avaliar qual a maior contribuição do resíduo para as plantas, se é efeito fertilizante ou se é efeito corretivo de acidez do solo.
- Para análise de consumo de biomassa, o cavaco de madeira é o que apresenta maior percentual usado na queima, isso devido a produção e tecnologia empregada é o rende mais em produção e menos perda de material

Recomendações finais

Os solos utilizados em reflorestamentos brasileiros, com raras exceções, geralmente são de baixa fertilidade, mesmo para a atividade florestal. A correção desses solos é necessária para melhorar a fertilidade e o nível de matéria orgânica, aumentar a disponibilidade de nutrientes minerais e a capacidade de retenção de água e de cátions no solo. A utilização de resíduos é uma opção para a correção da acidez e da fertilidade do solo, tendo efeito direto nas propriedades físicas, químicas e biológicas e, conseqüentemente, no aumento da produtividade florestal.

Recomenda-se a necessidade de estudos em condições de campo para determinação da melhor forma de aplicação das cinzas, considerando a existência de macro e micronutrientes e possíveis usos em culturas diversas como condicionante de solo e seu uso comercial.

Portanto, as olarias aqui identificadas continuarão a precisar de apoio para seguir melhorando seus processos e produtos, mas, principalmente, a micro e pequena empresa com perfil tecnológico mais atrasado, necessitarão de um maior apoio para seguirem se desenvolvendo, adotando, entretanto, conceitos de desenvolvimento sustentável, ou seja, melhorando seus processos e produtos, precisará de orientação e assistência tecnológica, de financiamento, de incentivos diversos e capacitação.

O uso desta alternativa na pequena propriedade poderá ser viável, devendo-se atentar para algumas questões importantes, tais como: a disponibilidade de cinzas vegetais, a qualidade do material (realizar análise química), a distância da fonte do material à propriedade (frete) e o custo de distribuição e incorporação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8628**: Carvão mineral: determinação do poder calorífico superior e do poder calorífico inferior. Rio de Janeiro, 1984.

AIE – **Agência Internacional de Energia**. IEA Energy Statistics. 2006. Disponível em: <<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>>. Acesso em: 12 fev. 2011.

ALLEN, J. et al. Logistics management and costs of biomass fuel supply. **International Journal of Physical**, Reino Unido, v. 28, n. 6, p. 463-477, 1998.

BACCELLI JÚNIOR, G. **Avaliação do processo industrial da cerâmica vermelha na região do Seridó-RN**. 2010. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

BALDOCK, J. A. Composition and cycling of organic carbon in soil. **Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems**, Alemanha, v. 10, p. 1-35, 2007.

BERG, B.; McCLAUGHERTY, C. **Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration**. 2. ed. Springer. 2008.

BERNDES, G. B.; HOOGWIJK, M.; BROEK, R. V. D. The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. **Biomass and Bioenergy**, Reino Unido, v. 25, n. 1, p. 1-28, July 2003.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Caracterização Tecnológica de Carvões Minerais. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/car12_02.htm>. Acesso em: 9 mar. 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional. Brasília, 2003.

CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. ;SCHUMACHER, M. V.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R. Carbono orgânico em solos florestais. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (editores). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], 2002. p.191-213.

CARIOCA, J. O. B.; ARORA, H. L. **Biomassa: fundamentos e aplicações tecnológicas**. [S.l.]: 1984. 644 p.

CASTRO, M. **Energia e meio ambiente – energias renováveis**. 2001.

CIENTEC. Fundação de Ciência e Tecnologia. **Aproveitamento Energético da Casca de Arroz**. Relatório final do projeto de pesquisa CIENTEC-FINEP, 170 p. Porto Alegre, 1986.

COELHO, S. T. A biomassa como fonte de energia na região sul. **Informativo CENBIO Notícias**, São Paulo, ano 3, n. 10, p. 2, 2000.

COELHO, S.T. et. al. **Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002. 75 p.

COELHO, S. T. País busca saídas para o fornecimento de energia na Amazônia., São Paulo, n. 14, p. 2, 2002. (Edição especial Ulianópolis). **COMBUSTÍVEIS**.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas, São Paulo, Editora UNICAMP, 2008. 736 p.

DALLAGO, J. S. **Utilização da cinza de biomassa de caldeira como fonte de nutrientes no crescimento de plantas de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild)**. 2000. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

DAROLT, M. R.; NETO, V. B.; ZAMBON, F. R. A. Cinza vegetal como fonte de nutrientes e corretivo de solo na cultura da alface. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 1, n. 1, p. 38-40, 1993.

DEMIRBAS, A. **Combustion characteristics of different biomass fuels**. **Progress in energy and combustion science**. Turquia: Elsevier, v. 30, p. 219-230, 2004.

Department of Trade and Industry. New and renewable energy: future prospects in the UK. **Energy Paper**, London, n. 62, 1994.

DINIZ, J. **Conversão Térmica de Casca de Arroz à baixa temperatura: Produção de Bioóleo e Resíduo Sílico Carbonoso Adsorvente**. 2005. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FONTES, P. J. P. **Autossuficiência energética em serraria de *Pinus* e aproveitamento de resíduos**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

FUNG, P. Y. H. et al. The potential for bioenergy production from Australian forests, its contribution to national greenhouse targets and recent developments in conversion processes. **Biomass and Bioenergy**, Reino Unido, v. 22, n. 4, p. 223-236, April 2002.

GOLDEMBERG, J. O passado e o futuro da biomassa. **Revista Brasileira de Bioenergia**, São Paulo, n. 1, p. 4-5, 2002. (Edição lançamento).

HALL, P.; GIGLER, J. K.; SIMS, R. E. H. Delivery systems of forest arisings for energy production in New Zealand. **Biomass and Bioenergy**, Reino Unido, v. 21, n. 6, p. 391-399, December 2001.

HENRIQUES JÚNIOR, M. F. et al. Manual de conservação de energia na indústria cerâmica vermelha. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.

HOFFMANN, R.; JAHN, S.L.; BAVARESCO, M.; SARTORI, T.C. Aproveitamento da cinza produzida na combustão da casca de arroz: estado da arte. 2007. Disponível em: <http://www.ufsm.br/cenergia/artes_final.pdf>. Acesso em: 02 out. 2009.

HUSTON, D. F.; **Rice: Chemistry and Technology**. American Association of Cereal Chemists. St. Paul: MN, 1972, p. 301-52.

IBQP - Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná. Curitiba. 2002. 345 f. Relatório Final.

IBGE - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, 2011.

JUNGINGER, M. et al. Fuel supply strategies for large-scale bio-energy projects in developing countries. Electricity generation from agricultural and forest residues in Northeastern Thailand. **Biomass and Bioenergy**, Reino Unido, v. 21, n. 4, p. 259-275, October 2001.

KAREKEZI, S. et al. SPECIAL ISSUE - Africa: Improving modern energy services for the poor. **Energy Policy**, Oxford, v. 30, n. 11-12, September 2002.

KIRUCHI, S. Região sul: um mercado promissor para a biomassa. **Informativo CENBIO Notícias**, São Paulo, ano 3, n. 10, p. 4-5, 2000. (Edição especial Região Sul).

LONGHI, R. V. **Manejo experimental de uma floresta ombrófila mista secundária no Rio Grande do Sul**. 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MIRANDA, M. L.; HALE, B. Protecting the forest from the trees: the social costs of energy production in Sweden. **Energy**, Oxford, v. 26, n. 9, p. 869-889, September 2001.

NOGUEIRA, E. Análise de investimentos. In: **BATALHA, M.O. (Org.). Gestão agroindustrial**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000. cap. 4, p. 223-288.

NOGUEIRA, M. F. M. **Biomassa Energética: Caracterização da Biomassa**. Palestra Proferida na I Escola de Combustão, Florianópolis – SC 2007.

OPÇÃO VERDE RESÍDUOS FLORESTAIS. **Energia renovável – biomassa de madeira**. Sorocaba, SP. Disponível em: <[http:// www.opcaoverde.com.br](http://www.opcaoverde.com.br)>. Acesso em: 30 nov. 2011.

PEREIRA JÚNIOR, V. B. **Alternativas para a cogeração de energia em uma indústria de chapas de fibra de madeira**. 2001. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

PRETZ, R. Cenários do emprego da biomassa na geração termelétrica. **Informativo CENBIO Notícias**, São Paulo, ano 3, n. 10, p. 3, 2000. (Edição especial Região Sul).

TEDESCO, M. J. ; CAMARGO, F. A. de O.; GIANELLO, C. Resíduos orgânicos de origem agrícola, urbana e industrial. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27,

THERMO FINNIGAN. OEA CookBook: your samples, our experience. 1 ed. Italy, December 2001.

TUOTO, M.; SIMULA, M. Desafios para a indústria florestal brasileira. **Revista da Madeira**, Curitiba, ano 13, n. 72, p. 14-18, maio 2003.

VELÁZQUEZ, S.M.S.G. **A cogeração de energia no segmento de papel e celulose: contribuição à matriz energética do Brasil.** 2000. 205 f. Tese (Mestrado em Energia) – Escola Politécnica, Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

WALTER, A. Biomass energy in Brazil: past activities and perspectives. Jan/fev. 2001. Disponível em: <<http://www.re-focus.net>>. Acesso em: 28 fev. 2003.

WANDER, P. R. **Utilização de resíduos de madeira e lenha como alternativas de energias renováveis para o desenvolvimento sustentável da região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.** 2001. 105 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ANEXOS

Anexo A – Questionário sócio econômico.

Perfil do empresário ou principal executivo da empresa:

Sexo: () Masculino () Feminino

Idade: () 20 a 29 anos () 30 a 39 anos () 40 a 49 anos

() 50 a 59 anos () Acima de 60 anos

Grau de instrução: () 1º Grau () 2º Grau () Nível superior

PERFIL DA EMPRESA

1. Qual é a capacidade instalada da empresa? _____ mil. de unid.

2. Qual é a produção média da empresa? _____ mil. de unid.

3. Qual o número de colaboradores (empregados ou não) que trabalham na:

Produção: _____; Administração: _____; Comercialização: _____

4. Qual a distribuição percentual da formação dos funcionários da empresa?

() 1º Grau () 2º Grau () Nível superior

5. Sua empresa tem o costume de treinar seus funcionários?

() Sim, na própria empresa () Não contratando uma instituição para isso

5.1. Se sim, qual é o percentual do faturamento investido no treinamento de funcionários?

() Até 1% () De 1% a 2% () De 2% a 5%

() De 5% a 10% () Acima de 10%

6. Qual a principal necessidade de capacitação do pessoal de produção?

() Gestão da Qualidade () Programa Trainee () Planejamento de Produção () Gestão Ambiental e de Resíduos () Outro, qual? _____

7. Qual a principal necessidade de capacitação do pessoal administrativo?

() Informática Gestão Financeira e de Custos () Gestão de Pessoal Gestão de Processos

() Outro, qual? _____

8. Qual a principal necessidade de capacitação do pessoal de comercialização?

() Técnicas de Vendas Crédito e cobrança () Motivação de Equipes Distribuição e logística

() Outro, qual? _____

9. A empresa possui, está implementando ou pretende implementar algum Sistema de Gestão?

() Sistema Já implantado () Em implantação () Pretende implantar

() Sistema de Gestão da Qualidade () Sistema de Gestão Ambiental ()

Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional () Sistema de Gestão

Integrada () Programa 5S () Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (

) Planejamento Estratégico () Formação de Preço (

) Gerenciamento do Fluxo de Caixa () Gestão de custos

10. A empresa se mantém atualizada sobre o seu negócio ou técnicas de gestão?

() Sim () Não

() Revistas especializadas () Jornais especializados () Cursos Palestras e seminários

() Feiras e missões

11. A empresa realiza cooperação com instituições de ensino e pesquisa para o desenvolvimento de novos produtos e/ou processos?

() Sim () Não, mas tem interesse

12. A empresa possui licença ambiental?

() Sim () Não () mas requereu

13. Sua empresa promove alguma(s) ação (ões) ambiental(is)?

() Sim () Não Se sim, qual (is)

? _____

() Reaproveitamento de materiais () Controle de emissão de resíduos

14. Uso de fonte alternativa de energia. Qual?

PERFIL DA CADEIA PRODUTIVA

15. Qual é o número de fornecedores da empresa? _____

16. Qual é a participação média de cada insumo e matéria-prima nas compras da empresa?

Argila: _____; Serragem: _____; Óleo combustível: _____;

Lenha: _____; Outro(s), qual (is)? _____

17. Quais as cidades que a empresa atende?

18. Qual a fonte de energia que sua empresa utiliza? Qual (is)?

19. Quantidade de fornecedores de combustíveis.

Serragem () casca de arroz () e lenha () Outros ()

20. A empresa utilizou mais de um combustível?

() Sim () Não Qual (is)? _____

Obteve maior rendimento e qualidade do produto? () sim () não

21. A empresa vende mais para pessoas () físicas () construtoras

() Loja de materiais de construção

22. Caso a empresa realize vendas para outros estados, em quanto foi?

Quantidade. (mil. unidades.): _____

23. Qual é a quantidade mês de tijolos nas vendas da empresa?

Tijolo (6 furos): _____ Tijolos (maciços): _____ Outro(s), qual (is)? _____

24. O preço do milheiro do tijolo maciço R\$ _____ tijolo 6 furos R\$-
_____ Valor pago pelo combustível

Casca de arroz (tonelada) R\$ _____

Serragem (tonelada) R\$ _____

Eucalipto (metro) R\$ _____

25. Analise com um "x" as áreas em que a empresa pretende investir, já investiu ou não pretende investir nos próximos dois anos:

- | | |
|---|--|
| () Aquisição de máquinas e equipamentos | () Ampliação da unidade de produção |
| () Desenvolvimento de novos processos produtivos | () Capacitação em Gestão da Qualidade |
| () Desenvolvimento de novos produtos | () Sistema de Gestão da Qualidade |
| () Nova unidade de produção | () Design de produtos |

26. Quais são as principais dificuldades enfrentadas pela empresa para a obtenção de financiamentos?

() Garantias bancárias () Cadastro da empresa/empresário

() Elaboração de projeto Outro, qual?

27. Qual é a quantidade de acidentes de trabalho com afastamento (2010 a 2011) ?

28. A empresa possui o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)?

Sim Não

29. A empresa possui Laudo Técnico de Condições Ambientais do Trabalho (LTCAT)?

Sim Não

30. Assinale abaixo os itens que constituíram problemas reais para sua empresa

<input type="checkbox"/>	Falta de demanda	<input type="checkbox"/>	Competição acirrada no mercado	<input type="checkbox"/>	Falta de capital de giro
<input type="checkbox"/>	Distribuição do produto	<input type="checkbox"/>	Inadimplência dos clientes	<input type="checkbox"/>	Falta de financiamento de longo prazo
<input type="checkbox"/>	Elevada carga tributária	<input type="checkbox"/>	Capacidade produtiva	<input type="checkbox"/>	Taxas de juros elevada
<input type="checkbox"/>	Falta de matéria-prima	<input type="checkbox"/>	Alto custo da matéria-prima	<input type="checkbox"/>	Falta de trabalhador qualificado
<input type="checkbox"/>	Taxa de câmbio	<input type="checkbox"/>	Competição acirrada no mercado	<input type="checkbox"/>	Outro, _____ qual?

Anexo B – Exemplo de Fotos de Biomassa estudadas.

Figura 11 – Biomassas estudadas: A) Cavaco de madeira de *Pinus* sp.; B) Cavaco de madeira de *Eucalyptus* sp.; C) Serragem; D) Lenha de *Eucalyptus* sp.; E) Casca de arroz.

Fonte: Opção Verde Resíduos Florestais.