

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

Mariani Carrion Ximendes

**ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA  
REGIÃO CENTRO-OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Santa Maria, RS

2021

Mariani Carrion Ximendes

**ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA REGIÃO  
CENTRO-OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

**Orientador: Prof. Dr. Jorge Antonio de Farias**

Santa Maria, RS.

2021

Ximendes, Mariani Carrion  
ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA  
REGIÃO CENTRO-OESTE DO RIO GRANDE DO SUL / Mariani  
Carrion Ximendes.- 2021.  
53 p.; 30 cm

Orientador: Jorge Antonio de Farias  
Coorientadora: Cristiane Pedrazzi  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2021

1. biomassa florestal 2. economia florestal 3.  
energia da biomassa I. de Farias, Jorge Antonio II.  
Pedrazzi, Cristiane III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, MARIANI CARRION XIMENDES, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Mariani Carrion Ximendes**

**ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA REGIÃO  
CENTRO-OESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Florestal**.

**Aprovado em 12 de maio de 2021:**



Documento assinado digitalmente

Jorge Antonio de Farias  
Data: 01/07/2021 09:38:14-0300  
CPF: 343.710.010-68  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

**Jorge Antonio de Farias, Dr. (UFSM)**

(Presidente/Orientador)

**FABIANO GEREMIA**  
**02940893900**

Assinado digitalmente por FÁBIANO GEREMIA:02940893900  
DN: C=BR, O=CP-Brasil, OU=VideoConferencia, OU=16482040000157,  
OU=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, OU=RFB e-CPF A1,  
OU=(sem branco), CN=FABIANO GEREMIA:02940893900  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização: sua localização de assinatura aqui  
Data: 2021-06-30 17:27:03  
Foxit Reader Versão: 10.0.0

**Fabiano Geremia, Dr. (UFFS) – Videoconferência**

**Flávio José Simioni, Dr. (UDESC) - Videoconferência**

Santa Maria, RS

2021

*Dedico esse trabalho aos meus pais: Mario e Mara.*

## **Agradecimentos**

Primeiramente aos meus pais que não mediram esforços para me dar uma educação de qualidade e por muitas vezes entenderam a minha ausência. Aos meus irmãos Magda e Eduardo, e ao meu sobrinho Vinicius, pelo apoio e proteção de sempre. Somos uma pequena grande família!

Ao meu orientador Jorge Farias, pela confiança no meu trabalho. Por todos seus conselhos e nossas conversas, que muitas vezes acalmaram meu coração.

Aos colegas do grupo de pesquisa em Economia e Política Florestal, por todo apoio e por nossa amizade. Especialmente a Pábulo, Débora Pasa, William, José Eduardo e Tiago Badin, meus amigos queridos que levarei para toda vida, obrigada pelos momentos de descontração e parceria.

As minhas amigas: Loise, Camila, Andriele, Juliana Mozzaquatro, Nisrin, Juliana Kozoroski, Renata e Bianca, por serem maravilhosas como sempre e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida. Amo vocês!

Ao produtor de carvão vegetal Mauro, pela disponibilidade em contribuir com o meu trabalho.

A Universidade Federal de Santa Maria, ao CNPq, a CAPES e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFSM, por possibilitar a realização desse trabalho.

A todos aqueles que contribuíram comigo de alguma forma, muito obrigado!

## RESUMO

### ANÁLISE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: Mariani Carrion Ximendes  
ORIENTADOR: Jorge Antonio de Farias

O presente estudo verificou a viabilidade econômica da produção de carvão vegetal para churrasco na região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul, a partir do Sistema forno-fornalha, além de propor a expansão da base florestal da região para o fornecimento de madeira para produção de carvão vegetal através de Sistema Silvipastoril de linhas triplas. Os dados utilizados para a análise foram o consumo de carvão vegetal dos setores residencial e comercial, disponibilizado pelo último Balanço Energético do Rio Grande do Sul (BERS), número de domicílios da região no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e número de estabelecimentos comerciais (restaurantes e churrascarias), disponíveis no Ministério do Trabalho e Emprego - MTE e as áreas com pastagens disponibilizadas pelo Censo Agropecuário do IBGE. A partir desses dados foi estimada a demanda de carvão vegetal da região e posterior análise da viabilidade econômica da produção de carvão em sistema forno-fornalha na região de estudo. Os critérios financeiros utilizados foram o Valor Presente Líquido (VPL), a Razão Benefício-Custo (B/C), o Custo Médio de Produção (CMP<sub>r</sub>) e o Valor Anual Equivalente (VAE). A taxa de atratividade adotada foi de 4% ao ano. O estudo mostra uma demanda da região por carvão vegetal de 4.534.591,85 kg/ano, que não é totalmente suprida por produtores regionais. A produção de carvão vegetal para o cenário proposto de 6 anos indicou um VPL positivo de R\$ 348.521,56, razão B/C de R\$ 1,22, CMP<sub>r</sub> de 1,84 e VAE de R\$ 65.807,24, indicando a viabilidade do projeto. O estudo também mostra um potencial de expansão da base florestal da região de 567.232 hectares, que podem ser convertidos em Sistema Silvipastoril para a produção de madeira a ser transformada em carvão vegetal. Conclui-se que a região tem potencial para produzir carvão vegetal de maneira sustentável e economicamente viável.

**Palavras-chave:** biomassa florestal, critérios financeiros, energia da biomassa.

## ABSTRACT

### ECONOMIC ANALYSIS OF CHARCOAL PRODUCTION IN THE CENTRAL-WEST REGION OF RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Mariani Carrion Ximendes

ADVISOR: Jorge Antonio de Farias

The present study verified the economic viability of the production of charcoal for barbecue in the Midwest region of Rio Grande do Sul, from the forno-fornalha System, in addition to proposing the expansion of the forest base in the region for the supply of wood for production of charcoal through Silvipastoril System of triple lines. The data used for the analysis were the consumption of charcoal from the residential and commercial sectors, made available by the last Energy Balance of Rio Grande do Sul (BERS), number of households in the region at the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and number of commercial establishments (restaurants and steakhouses), available at the Ministry of Labor and Employment - MTE and areas with pastures made available by the IBGE Agricultural Census. Based on these data, the demand for charcoal in the region was estimated and further analysis of the economic viability of producing coal in a forno-fornalha system in the region under study. The financial criteria used were the Net Present Value (NPV), the Benefit-Cost Ratio (B / C), the Average Production Cost (CMPr) and the Annual Equivalent Value (VAE). The attractiveness rate adopted was 4% per year. The study shows a demand in the region for charcoal of 4,534,591.85 kg / year, which is not fully met by regional producers. The charcoal production for proposed 6- years scenario indicated a positive NPV of R\$ 348,521.56, a B/C ratio of R\$ 1.22, a CMPr of 1.84 and a VAE of R\$ 65,807.24, indicating the viability of the project. The study also shows a potential for expansion of the forest base in the region of 567,232 hectares, which can be converted into Silvipastoril System for the production of wood to be transformed into charcoal. In conclusion, the region has the potential to produce charcoal in a sustainable and economically viable manner.

**Keywords:** forest biomass, financial criterion, biomass energy.



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono

AGEFLOR – Associação Gaúcha de Empresas Florestais

B/C –Benefício-Custo

BEN – Balanço Energético Nacional

BERS – Balanço Energético do Rio Grande do Sul

CMPr – Custo Médio de Produção

COREDE – Conselhos Regionais de Desenvolvimento

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

FAO - *Food and Agriculture of United Nations*

GEE – Gases de efeito estufa

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ILPF – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME - Ministério de Minas e Energia

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

ONU - Organização das Nações Unidas

PEVS – Valor da produção na Extração Vegetal

PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

SSP – Sistema Silvistoril

VAE – Valor Anual Equivalente

VPL – Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 OBJETIVOS .....	15
<b>1.1.1 Objetivo geral</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
2.1 CARVÃO VEGETAL NO BRASIL E RIO GRANDE DO SUL .....	15
2.2 SISTEMA DE CARBONIZAÇÃO FORNO-FORNALHA.....	16
2.3 SISTEMA SILVIPASTORIL (SSP).....	19
2.4 A REGIÃO CENTRO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL E A PECUÁRIA FAMILIAR.....	21
2.5 VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE PROJETOS FLORESTAIS.....	22
2.6 ESTUDOS DE DEMANDA .....	23
<b>3.MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
3.2 IDENTIFICAÇÃO DA DEMANDA POR CARVÃO VEGETAL DA REGIÃO.....	28
<b>3.2.1 Consumo residencial</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2.2 Consumo comercial</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2.3 Consumo total de carvão vegetal na região de estudo</b> .....	<b>29</b>
3.3 DIAGNÓSTICO DA EXPANSÃO DA BASE FLORESTAL NA REGIÃO DE ESTUDO .....	29
3.4 VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA FORNO-FORNALHA .....	30
<b>3.4.1 Fluxo de caixa</b> .....	<b>30</b>
<b>3.4.2 Critérios financeiros</b> .....	<b>31</b>
<b>4.RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1 DEMANDA DE CARVÃO VEGETAL DA REGIÃO DE ESTUDO .....	33
<b>4.1.1 Setor residencial</b> .....	<b>33</b>

<b>4.1.2 Setor comercial .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.3 Demanda total de carvão vegetal pela região Centro-Oeste .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 POTENCIAL DE EXPANSÃO DA BASE FLORESTAL DA REGIÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>4.3 VIABILIDADE FINANCEIRA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL .....</b>	<b>41</b>
<b>5.CONCLUSÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é uma importante fonte de energia renovável, utilizada em processos industriais nos polos siderúrgicos do país e também para a cocção de alimentos em todo o Brasil. O carvão vegetal possui expressiva importância no setor florestal brasileiro, pois é produzido a partir de florestas plantadas, especialmente com o gênero *Eucalyptus*, devido ao seu potencial energético e fácil adaptação a diferentes regiões do país.

Muito embora a produção de carvão vegetal no Brasil esteja intimamente relacionada com a indústria siderúrgica, no Rio Grande do Sul como mostra o Balanço Energético do Rio Grande do Sul (BERS, 2015) a produção é destinada ao consumo doméstico e comercial, em especial no preparo do churrasco. As estatísticas e dados acerca do consumo de carvão vegetal, por esses setores, são incipientes, o que dificulta a obtenção de dados confiáveis sobre a demanda dos diferentes setores consumidores.

A produção de carvão ainda é realizada em fornos de alvenaria com pouco ou nenhum controle do processo de carbonização (MADAIL; SIMA, 2011) e com a geração de passivos ambientais como gases e particulados, feita por uma grande parcela de pequenos e médios produtores rurais.

Todavia, novas tecnologias de produção, como o Sistema Forno-Fornalha, estão sendo difundidas no setor de produção de carvão, principalmente entre os produtores de menor porte, que estão aderindo tecnologias que detenham uma maior eficiência energética e maior controle do processo de queima. O sistema forno-fornalha conforme seu manual de operação e construção, permitem uma redução nas emissões dos gases da carbonização e a quantidade de material particulado, que são tóxicos ao ser humano e ao meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019).

Contudo, a efetiva disseminação e adoção de novas tecnologias, por parte dos produtores de carvão vegetal deve passar pela análise de sua viabilidade econômica,

para então, entender de fato se as novas tecnologias também são viáveis do ponto de vista do pequeno produtor (RIBEIRO et al., 2019).

A região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul, que contempla os Conselhos Regionais de Desenvolvimentos (Coredes) Central, Vale do Jaguari e Fronteira Oeste, possui muitos municípios com tradição no ramo da pecuária familiar, onde a criação extensiva do gado é realizada em solos pouco férteis e em regiões que sofrem com períodos de estiagem, gerando um baixo desempenho no sistema produtivo e consequentemente um alto custo de produção.

As pastagens são parte fundamental dos ecossistemas e ocupam  $\frac{1}{4}$  do globo terrestre (LOVELAND et al., 2010) e uma parte significativa se encontra em processos de degradação (CARVALHO et al., 2017). A degradação por sua vez é um processo crescente de perda da capacidade de recuperação natural e a recuperação desses ecossistemas pastoris é capaz de promover a melhoria das condições do solo e potencialmente evitar a expansão do desmatamento (BATTISTI et al., 2018; SILVA et al., 2017).

O Sistema Silvipastoril (SSP) é uma das modalidades da Integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), o qual permite a produção na mesma área de animais, espécies florestais e forrageiras, permitindo sua exploração ao decorrer de todo ano, além de ser uma das iniciativas propostas pelo plano Agricultura de Baixo Carbono (ABC). Existe uma grande variedade de arranjos de SSP e o arranjo com linhas triplas, conforme Ribaski e Ribaski (2008) é considerado um avanço frente aos tradicionais com linhas simples, uma vez que permite a comercialização da madeira oriunda do desbaste para energia e a de maior dimensão para serraria.

A adoção de SSP além de restaurar pastagens degradadas, geram efeitos sinérgicos entre os componentes do sistema, abrangendo a adequação ambiental e a viabilidade econômica. Quando comparado com as pastagens sem a presença de árvores, os SSPs têm demonstrado maior potencial para produção de forragem de qualidade (KRETZER, 2019; SOUZA et al., 2020).

Além de uma alternativa ambientalmente melhor, o SSP pode ser financeiramente viável, especialmente para produtores de menor porte, uma vez que o modelo convencional de produção, em que se baseia em uma única fonte de renda,

pode apresentar maior risco, principalmente para a pecuária familiar, que acaba ficando mais susceptível às variabilidades do mercado.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Verificar a viabilidade econômica da produção de carvão vegetal em sistema forno-fornalha, a partir Sistemas Silvipastoris inseridos em pequenas propriedades rurais na região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul.

### 1.1.2 Objetivos específicos

1. Identificar a demanda por carvão vegetal na região de estudo;
2. Diagnosticar a possibilidade de expansão da base florestal da região de estudo a partir de Sistema Silvipastoril para produção de madeira a ser convertida em carvão vegetal, que possa suprir a demanda regional; e
3. Avaliar a viabilidade econômico-financeira do sistema carbonização forno-fornalha.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARVÃO VEGETAL NO BRASIL E RIO GRANDE DO SUL

A demanda por crescimento sustentável leva, cada vez mais, ao uso de alternativas e fontes renováveis de energia. Mesmo em alguns países onde o acesso a outras fontes de energia são difundidas, o carvão é uma importante utilidade tecnológica (SANTOS et al., 2017). Segundo dados da *Food and Agriculture of United Nations* (FAO), a produção de carvão vegetal no mundo alcançou 53 milhões de

toneladas em 2018, onde deste total, 11% foram produzidas pelo Brasil (Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ, 2019; FAO, 2020).

Do total de carvão produzido no Brasil, mais de 90% é consumido em processos industriais, principalmente no setor siderúrgico, onde é um dos importantes insumos da indústria. O Brasil registrou consumo de 4,6 milhões de toneladas de carvão vegetal em 2018, sendo 91% deste produzido a partir de florestas plantadas, confirmando a tendência do desuso de florestas nativas (IBÁ, 2019; SANTOS et al., 2017).

O Brasil tem forte participação em relação às fontes renováveis em sua matriz energética, desenvolvendo alternativas, em especial, com a utilização do eucalipto para fins diversos, onde inclui-se a produção de carvão vegetal (ESTEVES; MARTINS; FERREIRA, 2020). Segundo dados do Balanço Energético Nacional - BEN, em 2018, 45,3% da energia utilizada no Brasil veio de fontes renováveis, em que a lenha e o carvão vegetal tiveram uma participação de 8,4% do total.

Ainda que a produção de carvão vegetal no Brasil esteja fortemente atrelada a indústria siderúrgica, no Rio Grande do Sul não há registro de utilização neste setor, uma vez que o carvão vegetal gaúcho é empregado no setor residencial e comercial, como restaurantes e churrascarias – (BERS, 2015).

Quase toda a produção de carvão vegetal produzida no Rio Grande do Sul é originária de florestas de eucalipto e de acácia negra e destinada ao consumo doméstico, na zona rural e urbana, para o preparo do churrasco. De forma geral, a produção na sua maior proporção, segue a mesma forma como ocorreu há um século, com tecnologia primitiva e pouco controle do processo (MADAIL; SIMA, 2011).

As estatísticas oficiais, muitas vezes, deixam de revelar a importância que determinadas atividades econômicas possuem para os produtores rurais, mesmo que esses produtos estejam sendo utilizados pela sociedade urbana. Este é o caso da produção de carvão em muitos municípios do Sul do País, que tem dados que não expressam a realidade das regiões onde são produzidas (BAUER et al., 2015).

## 2.2 SISTEMA DE CARBONIZAÇÃO FORNO-FORNALHA



Ao longo dos anos, as empresas produtoras de carvão vegetal vêm buscando a ampliação de sua produtividade por meio de investimentos na construção de fornos com maior capacidade volumétrica. Nestes tipos de fornos, pelo maior volume de madeira enfiado, há uma grande dificuldade no controle do processo, em função da mudança na dinâmica da carbonização, o que pode impactar a distribuição dos gases, taxa de aquecimento e temperatura no forno (SANTOS et al., 2017).

Por outro lado, os pequenos e médios produtores que são responsáveis por uma expressiva parcela da produção total de carvão, optam por fornos de baixa capacidade volumétrica, devido aos elevados custos com maquinário e ao maior investimento inicial para construção de fornos de maiores dimensões. Sendo os mais comumente utilizados os fornos do tipo “rabo-quente”, superfície e encosta, com formas e tamanhos distintos sem controle da carbonização e que geram emissões (OLIVEIRA, 2012; OLIVEIRA, 2009).

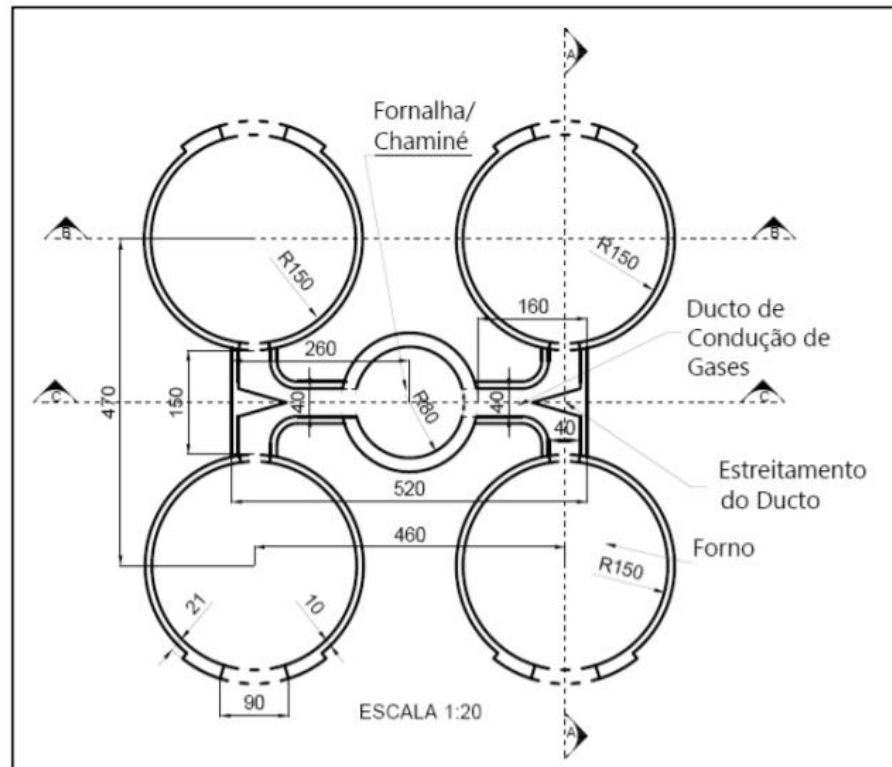
Uma das grandes dificuldades inerentes - na falta de apoio técnico e financeiro aos pequenos produtores - é a escolha do sistema de transformação da lenha em carvão (ANATER; ESCOBAR; COELHO, 2018). Desta forma, pensando em uma melhor eficiência no processo de conversão da madeira em carvão vegetal e na queima dos gases gerados no processo de carbonização, estudos vêm sendo realizados no desenvolvimento de novas tecnologias, como fornalhas acopladas aos fornos para a combustão dos gases gerados durante o processo de carbonização da madeira (OLIVEIRA et al., 2013).

No entanto, os autores destacam que para a efetiva disseminação e adoção dessas tecnologias por parte dos pequenos e médios produtores de carvão vegetal, além dos aspectos técnicos e ambientais, a utilização de fornalhas acopladas aos fornos deve ser economicamente viável.

Os fornos do sistema fornos-fornalha são de alvenaria, de base circular, com paredes verticais e copa semiesférica. São fornos de superfície, dotados de seis controladores de ar na sua base (Figura 1). Adaptada aos fornos, tem-se uma fornalha composta por um sistema de alimentação dos gases (situado na parte posterior dos fornos), câmara de combustão, sistema de admissão de ar primário e chaminé, em que o acompanhamento da carbonização é feito por meio de medições da temperatura

em cilindros metálicos instalados nas paredes dos fornos, monitorados com o uso de pirômetro infravermelho (OLIVEIRA et al., 2013).

Figura 1 - Planta baixa do sistema forno-fornalha



Fonte: OLIVEIRA (2012).

As fornalhas acopladas aos fornos têm o objetivo de incinerar os gases gerados durante o processo de queima da madeira, transformando a poluição em energia na forma de calor. A fornalha é abastecida com material lignocelulósico e é acesa após a ignição dos fornos. Abastecimentos posteriores são necessários para manter a chama acesa e elevar a temperatura na fornalha. Quando os gases gerados durante a carbonização no forno atingem  $\pm 120$  °C, o abastecimento da fornalha é suspenso, pois os gases são capazes de manter a combustão. Desse momento até próximo ao fim da carbonização, a chama dentro da câmara de combustão da fornalha permanece acesa (OLIVEIRA et al., 2013).

O sistema possui baixo custo de construção e é bastante difundido entre os pequenos e médios produtores de carvão vegetal em Minas Gerais, podendo conferir

ao carvão vegetal produzido alto índice de qualidade além da vantagem ambiental da queima dos gases (OLIVEIRA, 2012).

### 2.3 SISTEMA SILVIPASTORIL (SSP)

Dentre as necessidades identificadas como prioritárias para a promoção do desenvolvimento rural sustentável para o estado do Rio Grande do Sul, encontra-se o aumento das alternativas de atividades agrícolas que permitam a agregação de renda a pequenos e médios produtores rurais (TORRES et al., 2016). Segundo Ribaski (2009), existe um consenso de que o Bioma Pampa existente na metade sul do estado, necessita da diversificação na produção agrícola, que é baseada entre outras atividades, na criação extensiva de gado.

Desta forma, percebe-se fortes tendências para mudanças significativas na forma dos diferentes sistemas de utilização da terra, onde os aspectos relativos à sustentabilidade ambiental e à criação de novas alternativas socioeconômicas vêm assumindo importância cada vez maior para os produtores dessa região (RIBASKI et al., 2018; RUVIARO et al., 2016; VARELLA et al., 2016).

A ILPF, segundo sua definição oficial é uma estratégia que visa a produção sustentável, integrando atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental e a viabilidade econômica (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2019).

Como uma das opções tecnológicas de ILPF, tem-se o SSP. A combinação intencional das árvores, pastagens e animais em uma mesma área e ao mesmo tempo além de maximizar o uso do solo diversifica a renda do produtor. Existe uma grande variedade de SSPs sendo desenvolvidos em todo o mundo, oferecendo alternativas para diferentes culturas, como estudos de caso no Brasil com o uso de árvores leguminosas, na Colômbia sobre sequestro de carbono, México com Sistemas Silvopastoris intensivos, entre muitos outros (MAURÍCIO et al., 2019).

Além de fornecer opções tecnológicas, econômicas, ambientais e culturais para apoiar os meios de subsistência e atividades comerciais através da pecuária sustentável, a adoção do SSP coincide com os objetivos da Agenda Global de Pecuária Sustentável, um mecanismo de parceria com várias partes interessadas ao objetivo de promover e orientar o desenvolvimento sustentável do setor pecuário global em alinhamento com as Metas Do Desenvolvimento Sustentável, quadro da Agenda 2030 da ONU (FAO, 2019).

Ainda, segundo a ONU, além de serem mais sustentáveis, os SSP podem ser produtivos e rentáveis, promovendo melhor qualidade e incremento na produção de forragens, reduzindo a necessidade de suplementação de fontes externas e incremento na produção de carne bovina e leite por hectare.

Em relação ao solo, ao implementar sistemas de integração, as condições são melhoradas, como as características de densidade e a atividade biológica, resposta às melhores condições ambientais (RODRIGUEZ et al., 2021). Os agregados do solo podem, portanto, desempenhar um papel fundamental no ciclo do C global, agindo como um sumidouro de CO<sub>2</sub> quando práticas de manejo favoráveis são utilizadas (TRIVEDI et al., 2015).

Vale lembrar que o plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono - do Governo Federal previa a ampliação da adoção de ILPF em 4 milhões de hectares, e a expansão do plantio de florestas em 3 milhões de hectares, no período compreendido entre 2011 e 2020 (BRASIL, 2012).

Ainda que a meta inicial tenha sido alcançada, há previsão de novas metas para os próximos anos, uma vez que os resultados demonstram o potencial do país em implementar e cumprir seu Compromisso Nacionalmente Determinado (*Nationally Determined Contributions*), firmado no âmbito do Acordo do Clima de Paris, para o período 2020 a 2030, reforçando a necessidade de continuidade nos esforços de fomento de tecnologias e na capacitação da adoção de práticas conservacionistas (BRASIL, 2019).

Rocha et al. (2017a) em seu trabalho sobre balanço de carbono em diferentes arranjos de SSP encontrou um balanço anual de carbono positivo para um sistema com *E. grandis*, com estoque médio de 16,12 tCO<sub>2e</sub> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, aproximadamente quatro vezes maior que o proposto no Plano ABC, de 3,79 tCO<sub>2e</sub> ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>.

Reafirmando a contribuição do sistema produtivo em diminuir a concentração de gases de efeito estufa - GEE na atmosfera.

Após o estabelecimento inicial e um período de estabilização, a maior produtividade por hectare gera retornos que garantem a viabilidade financeira do SSP. De uma perspectiva de médio prazo, o custo de implementação é mais do que compensado pelo aumento dos retornos das fazendas devido à maior produtividade (CHARÁ et al., 2007).

## 2.4 A REGIÃO CENTRO OESTE DO RIO GRANDE DO SUL E A PECUÁRIA FAMILIAR

O Rio Grande do Sul, tradicionalmente, apresenta-se como um estado que se destaca pela sua produção agrícola e pecuária. Entre as formas familiares de produção, a pecuária figura com relativa importância para a manutenção de famílias rurais no contexto internacional, na medida em que representa importante fonte de renda e de soberania alimentar (MATTE et al., 2020).

A definição formal da agricultura familiar brasileira está prevista na Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, define que o agricultor familiar é aquele que não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais e utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, tendo percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento (BRASIL, 2006).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2017a), do total de estabelecimentos agropecuários ligados a atividade pecuária da região centro-oeste, 69% são pertencentes a agricultura familiar, o que representa um total de 24.971 famílias, reforçando a importância dessa atividade produtiva entre as formas familiares de produção. Estes estabelecimentos juntos somam aproximadamente 1.139.298 hectares de pastagens contemplando pastagens naturais e plantadas, em boas e más condições (IBGE, 2017b).

Esses solos arenosos possuem baixa aptidão para agricultura e o tradicional uso da terra para a criação extensiva de gado tem agravado o processo de erosão eólica e hídrica devido à sua fragilidade natural (FLORES et al., 2010; RIBEIRO; VERDUM, 2013). Conseqüentemente, os resultados de desempenho da pecuária extensiva são precários, elevando os custos de produção e manutenção do modelo pecuário em uso, que normalmente superam as receitas obtidas (RIBASKI, 2019).

O contexto em que a pecuária familiar está inserida tem sofrido mudanças produtivas e ambientais recentes, as quais refletem nos aspectos econômicos e socioculturais dos produtores rurais, porém, se observa que mesmo diante de um conjunto de transformações em curso, as práticas tradicionais são mantidas (MATTE et al. 2020).

A discussão sobre desenvolvimento sustentável na Metade Sul do Rio Grande do Sul, em particular no bioma Pampa, representa objeto de vários estudos em relação ao modelo de desenvolvimento existente na região e seus efeitos no que tange à população e ao meio ambiente. Existe consenso nesses estudos sobre a necessidade de diversificação da matriz produtiva visando melhorar a rentabilidade do sistema produtivo (RIBASKI, 2009).

## 2.5 VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE PROJETOS FLORESTAIS

A alocação de recursos escassos é um conceito inerente ao planejamento e gerenciamento florestal, e como resultado, os argumentos mais fortes à tomada de decisões envolvem análise econômica (SALLES et al., 2019).

A análise da viabilidade econômica permite a observação de uma perspectiva mais ampla de um projeto, pois diferentemente da análise financeira, que tem um teor individual, a análise econômica assume o ponto de vista da sociedade como um todo. Em uma análise econômica, além das variáveis puramente mercadológicas (entradas e saídas de caixa), são incluídas variáveis como o número de empregos, serviços ecossistêmicos e desenvolvimento regional (CUBBAGE et al., 2013). Assim, ainda segundo o autor, a análise econômica presume que um projeto ajudará no

desenvolvimento da economia de um país (ou região) e que sua contribuição será grande o suficiente para justificar o uso dos recursos de que necessitará.

A atividade florestal é uma boa alternativa econômica para o produtor rural no Brasil, todavia há a necessidade de utilizar critérios que apresentem robustez e sejam capazes de explicar, além dos ganhos, as incertezas, as complexidades envolvidas nas oportunidades de investimento (FARUQI et al., 2018; SALLES et al., 2019).

As análises econômicas exigirão uma lista de custos e preços, que formarão a base para a análise econômica. Esta, então, complementa a análise financeira a qual se utiliza de critérios financeiros para avaliar investimentos em florestas, considerando a variação do capital ao longo do tempo, principalmente através do Valor Presente Líquido - VPL (SALLES et al., 2019).

## 2.6 ESTUDOS DE DEMANDA

O aumento na demanda por produtos de madeira naturalmente exerce considerável pressão sobre as florestas naturais remanescentes no mundo. Expandir a área florestal com o estabelecimento de novas plantações tem sido proposto como uma saída para atender às demandas atuais e futuras (HERRERA, 2018).

A cadeia produtiva do carvão vegetal está inserida na indústria de base florestal, desta forma as previsões de demanda por esse tipo de produto tornam-se necessária a fim de delinear uma produção de madeira de maneira sustentada. Porém, os dados sobre consumo de carvão vegetal são incipientes e quando existem, apresentam diferenças entre as fontes, por isso alguns autores desenvolvem seus próprios métodos para estimar oferta e demanda.

Poucos estudos sobre oferta e demanda de carvão vegetal foram realizados, tornando pertinente a atualização de pesquisas nessa área. Quando há séries temporais disponíveis, modelos matemáticos podem ser estruturados (SOARES; SILVA; PONTES, 2004). Em relação ao carvão vegetal, alguns estudos se baseiam em estatísticas nacionais para realizar estudos de oferta e demanda, como o BEN e o BERS, especificamente tratando do Rio Grande do Sul,

Dentre os métodos para estimativa de demanda, os métodos qualitativos apoiam-se em dados que podem ser subjetivos, geralmente apoiados no desempenho e experiências do passado e em geral são utilizados quando há escassez de dados históricos adequados (como no caso do carvão vegetal no RS). Já os métodos quantitativos utilizam séries temporais e dados históricos e realiza projeções por meio de modelos matemáticos (MENEGHINI et al., 2018).

Existem casos em que os métodos qualitativos são preferíveis como quando não existem dados suficientes ou confiáveis quando não existe a possibilidade de construir modelos numéricos, ou quando o que acontecerá no futuro não depende do passado (HANKE, 1995).

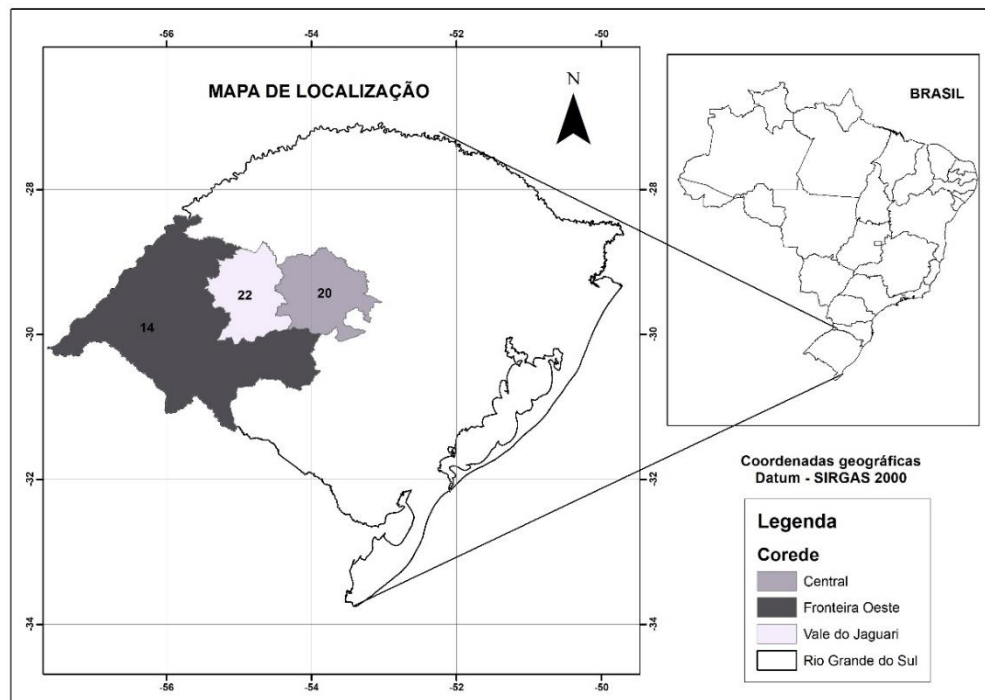
### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A região de estudo contempla as regiões dos Conselhos Regionais do Desenvolvimento (COREDES) Central, Vale do Jaguari e Fronteira Oeste (Figura 2), localizados na região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul, os quais somam 41 municípios (Figura 3).



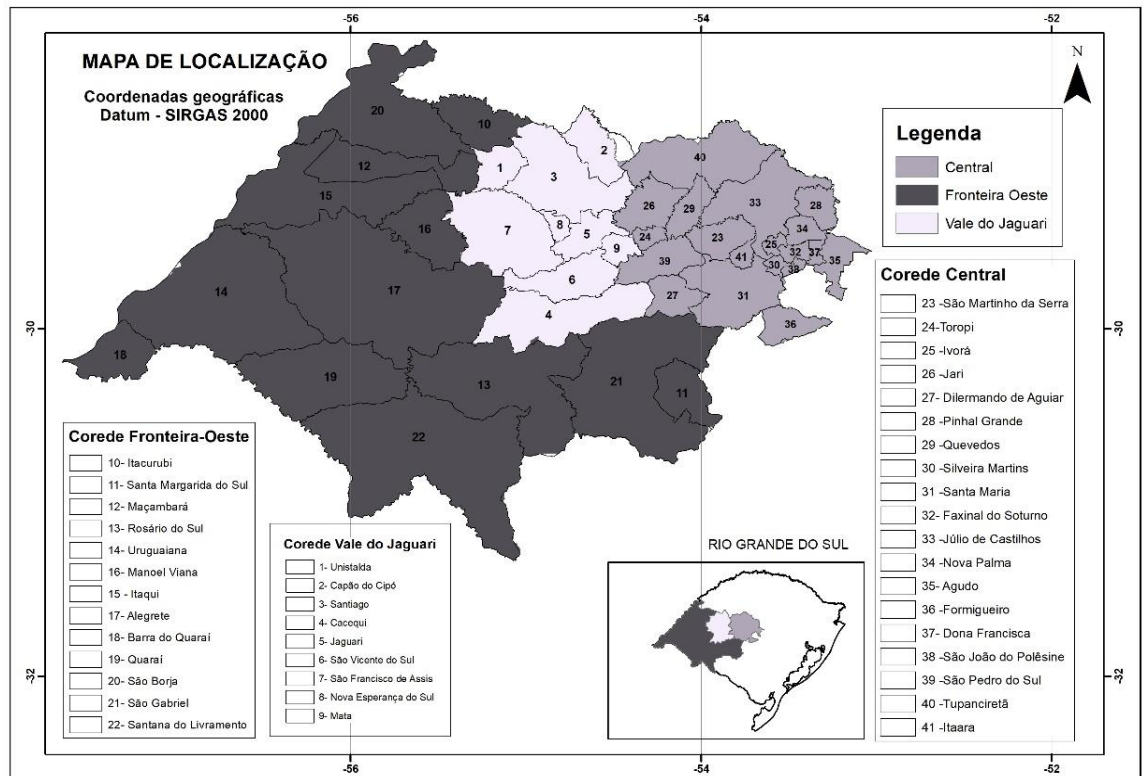
Figura 2 - Mapa de localização da região de estudo



Fonte: Elaborado pela autora.

As Regiões Funcionais de Planejamento foram propostas pelo Estudo de Desenvolvimento Regional e Logística do RS, a partir do agrupamento de Coredes, como uma escala mais agregada que possibilita o tratamento de temas de interesse regional (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

Figura 3 - Mapa de localização dos Coredes Central, Vale do Jaguari e Fronteira Oeste



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação ao clima, a região encontra-se totalmente na zona Temperada, com estações definidas, invernos moderadamente frios com ocorrência de geadas e neve eventual e verões quentes passando facilmente dos 30°C. A pluviosidade é bem distribuída ao longo do ano, com acumulados anuais que variam de 1000 mm a 1800 mm.

O subtipo climático, a partir da classificação internacional de Köppen-Geiger, é o Cfa – Clima Subtropical com verão quente, que se caracteriza por apresentar chuvas durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente superior a 22°C, e a do mês mais frio superior a 3°C.

Os solos da região são bem diversificados predominando no Corede Central os Argissolos e Latossolos, no Corede do Vale do Jaguari os Planossolo e Latossolos e no Corede da Fronteira Oeste os Neossolos e Planossolos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2018).

A grande maioria dos municípios do Corede Central são polarizados por Santa Maria, que também polariza municípios de outros Coredes, em função, principalmente, da

concentração de diversos órgãos públicos estaduais e federais, e serviços na área da educação, como a Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. (BERTÊ et al., 2016).

Ainda segundo Bertê et al. 2016, a região central cumpriu historicamente o papel de um polo articulador de economias da Campanha e da Fronteira Oeste com as demais regiões do Estado e do País, beneficiando-se com o comércio de gado e outros produtos primários oriundos dessa região. O desempenho na agropecuária alimenta diretamente o comércio e serviços dos municípios, que tem como referência o município de Santa Maria como fornecedor da maior diversidade de negócios.

O Corede Fronteira Oeste destaca-se pela agricultura e a pecuária, em virtude da ocorrência de grandes quantidades de cursos de água, tornando a região marcada pela grande demanda e problemas de disponibilidade de água. As atividades econômicas na fronteira sul são dominadas pela pecuária extensiva voltada à produção de carnes e de leite e pelo cultivo do arroz. Nos territórios uruguaio e argentino destacam-se, também, a exploração florestal e a fruticultura (RIO GRANDE DO SUL, 2015).

No Corede Central, observa-se a predominância do cultivo da soja no norte, enquanto os municípios do sul e leste apresentam uma estrutura agropecuária mais diversificada, com produtos como arroz, milho, fumo, mandioca e batata inglesa. Ainda, a pecuária de corte e leite apresenta participação considerável em quase todos os municípios do Corede (BERTÊ et al., 2016).

O Corede Vale do Jaguari se apresenta como uma região de transição entre o cultivo da soja, de destaque no Norte, e o cultivo do arroz e a criação de bovinos, com maior importância no Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2015). A produção de toras nos municípios dos Coredes Fronteira Oeste, Vale do Jaguari e Campanha variaram de 10 mil até 500 mil metros cúbicos, com destaque para o município de Cacequi (ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS - AGEFLOR, 2018).

Ambos os Coredes apresentam estiagens periódicas em épocas de grande demanda por recursos hídricos pelas lavouras ou criação de animais, o que em meses de verão, fazem a oferta de água diminuir drasticamente (RIO GRANDE DO SUL, 2015; BERTÊ et al. 2016; RIO GRANDE DO SUL, 2017).

## 3.2 IDENTIFICAÇÃO DA DEMANDA POR CARVÃO VEGETAL DA REGIÃO

É possível consultar dados sobre oferta e demanda de diferentes fontes de energia pelos diferentes setores a nível nacional, através do Balanço Energético Nacional – BEN, publicação anual disponibilizada pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME

Todavia, a nível estadual nota-se uma carência de dados que possam embasar estudos sobre oferta e demanda de carvão vegetal. No Rio Grande do Sul, o último Balanço Energético Estadual - BERS foi lançado em 2015, trazendo informações sobre a matriz energética estadual. O BERS traz informações sobre oferta e consumo das fontes de energia utilizada pelo Rio Grande do Sul, nos setores residencial, comercial, público, agropecuário, transportes e Industrial, e adota a metodologia internacional, também empregada no BEN (BERS, 2015).

Desta forma, para estimar a demanda por carvão vegetal na região de estudo, foram utilizados os dados de consumo de carvão vegetal disponíveis no último BERS, dados do IBGE sobre número de domicílios e o número de estabelecimentos comerciais disponibilizados pelo Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, como ferramentas para estimar o consumo médio dos setores residenciais e comercial na região de estudo, este consumo foi considerado a demanda regional.

### 3.2.1 Consumo residencial

O consumo residencial é estimado a partir da quantidade de usuários, ou seja, de domicílios. Realizou-se uma relação entre a quantidade de carvão consumida em kg pelos domicílios, do último BERS e o número de domicílios da região de estudo, disponibilizados pelo IBGE.

### 3.2.2 Consumo comercial

O consumo comercial é estimado a partir da quantidade de estabelecimentos comerciais que utilizam carvão vegetal (restaurantes e churrascarias). Foi realizada uma relação entre a quantidade de carvão vegetal consumida pelo setor comercial disponibilizada pelo BERS e o número de estabelecimentos presentes na região de estudo, disponibilizados pelo MTE.

### 3.2.3 Consumo total de carvão vegetal na região de estudo

Conforme o exposto, a demanda total de carvão vegetal da região de estudo é estimada a partir do somatório do consumo residencial (domicílios urbanos e rurais) e comercial (restaurantes e churrascarias), em quilogramas por ano (kg/ano) (equação 1).

$$CT = Cr + Cc$$

(1)

Onde:

CT = Consumo total de carvão vegetal na região de estudo (kg/ano);

Cr = Consumo de carvão vegetal pelo setor residencial (kg/ano); e

Cc = Consumo de carvão vegetal pelo setor comercial (kg/ano).

## 3.3 DIAGNÓSTICO DA EXPANSÃO DA BASE FLORESTAL NA REGIÃO DE ESTUDO

Para a quantificação das áreas potenciais para a implantação de Sistemas Silvipastoris na região de estudo, foram utilizados os dados do último Censo Agropecuário do Rio Grande do Sul, realizado no ano de 2017. Elaborado pelo IBGE,

o censo Agropecuário, Florestal e Agrícola de 2017 descreve as características e a produção de todos os estabelecimentos agropecuários do território brasileiro.

Partindo-se da premissa de que a atividade florestal não comprometesse áreas utilizadas para as demais atividades agrícolas das propriedades, foram consideradas áreas potenciais para instalação de SSP apenas as áreas de pastagens plantadas dos municípios da região de estudo (em boas e más condições) em hectares (ha) (equação 2).

$$A = A1 + A2$$

(2)

Onde:

A = Área total de pastagens no município  $n$ ;

A1 = Área com pastagens em más condições no município  $n$ ;

A2 = Área com pastagens em boas condições no município  $n$ .

Desta forma, somou-se a área total de pastagens de cada município e o total encontrado foi considerado como a potencial área de expansão da base florestal na região Centro-Oeste.

### 3.4 VIABILIDADE FINANCEIRA DO SISTEMA FORNO-FORNALHA

#### 3.4.1 Fluxo de caixa

A viabilidade financeira foi calculada apenas para a produção de carvão vegetal, sendo o fluxo de caixa composto pelas entradas e saídas referentes a produção do carvão realizada em sistema forno-fornalha, em um horizonte de planejamento de 6 anos, sendo esse o tempo de vida útil do sistema conforme o manual de construção do sistema (MMA, 2019).

Todos os custos relacionados a construção, arrendamento, embalagens, madeira e mão-de-obra correspondem ao ano de 2020, quando uma unidade do sistema forno-fornalha foi construída junto a um produtor da região de estudo que contribuiu com a pesquisa.

### 3.4.2 Critérios financeiros

Os critérios financeiros utilizados foram o Valor Presente Líquido (VPL), o Custo Médio de Produção (CMP<sub>r</sub>), a razão Benefício-Custo (B/C) e o Valor Anual Equivalente (VAE).

A taxa adotada é de 4% ao ano, considerando que o produtor utilize recursos provenientes dos financiamentos ao amparo da Linha de Crédito de Investimento para Agregação de Renda (Pronaf Agroindústria), o qual consiste em uma linha de crédito para a implantação, ampliação, recuperação ou modernização de pequenas e médias agroindústrias.

O Pronaf consolidou-se como o principal instrumento de política pública de apoio à agricultura familiar brasileira desde sua criação e possui como seu principal público agricultores e silvicultores familiares, hoje trata-se de um dos maiores programas de investimento do hemisfério sul (PRETO & HORN, 2020).

O Valor Presente Líquido (VPL) é um critério usado para avaliar a rentabilidade de projetos de investimento, somando todas as entradas e saídas de caixa durante a vida útil do projeto (Equação 3). Um VPL positivo indica que os ganhos superam os custos esperados, o que significa que o projeto é rentável, enquanto um VPL negativo ocorrerá em uma perda líquida (CARDOSO; SILVA; EUSEBIO, 2018).

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j}$$

(3)

Em que:

VPL = Valor Presente Líquido (R\$);

$R_j$  = valor atual das receitas;

$C_j$  = valor atual dos custos;

$i$  = taxa de juros;

$j$  = período em que as receitas ou os custos ocorrem, em anos; e

$n$  = número de períodos ou duração do projeto.

O custo médio de produção (CMP<sub>r</sub>) é a razão entre o custo total atualizado com a produção total equivalente (FILHO et al., 2018) (Equação 4). Este parâmetro pode ser utilizado quando se deseja operar com o custo médio mínimo, independentemente da quantidade produzida e da duração do investimento (SCHNEIDER, 2006).

$$CMP_r = \frac{\sum C}{P_c}$$

(4)

Em que:

CMP<sub>r</sub> = Custo médio de produção;

C = custos totais obtidos ao final do projeto; e

P<sub>c</sub> = produção descapitalizada.

A razão benefício-custo (B/C) consiste em determinar a relação entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos, para dada taxa de desconto (Equação 5). Desta forma um projeto será considerado viável economicamente se apresentar valor de B/C maior ou igual a 1. Quanto maior esta relação maior é a indicação da viabilidade econômica do projeto (FILHO et al., 2018).

$$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}}$$

(5)

Em que:

B/C = Razão benefício/custo;



$R_j$  = receita final no ano  $j$ ;  
 $C_j$  = custo final no ano  $j$ ;  
 $i$  = taxa de desconto; e  
 $n$  = duração do projeto, em anos.

O Valor Anual Equivalente (VAE) é obtido transformando-se o VPL em fluxo de receitas ou custos periódicos e contínuos, equivalente ao valor atual, durante a vida útil do projeto. Em se tratando da viabilidade, o projeto será viável quando o VAE for maior que zero, conforme a Equação 6 (VIRGENS; FREITAS; LEITE, 2016).

$$VAE = \frac{VPL [(1 + i)^{-t}]}{[1 - (1 + i)^{-nt}]}$$

(6)

Em que:

VAE = Valor Anual Equivalente;

VPL = Valor Presente Líquido;

$i$  = taxa de desconto;

$n$  = tempo do projeto, em anos e;

$t$  = número de períodos de capitalização.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 DEMANDA DE CARVÃO VEGETAL DA REGIÃO DE ESTUDO

#### 4.1.1 Setor residencial

Os dados do BERS trazem um consumo residencial de carvão vegetal no Rio Grande do Sul de 41.694.552 kg/ano. Relacionando este dado com o número de domicílios do estado, 3.603.951 (IBGE, 2015), tem-se um consumo médio de 11,56 kg/domicílio/ano de carvão vegetal pelos municípios do Rio Grande do Sul. Utilizando

essa média ao total de domicílios da região de estudo, tem-se um consumo de carvão vegetal de 3.955.980,62 kg de carvão vegetal por ano pelos municípios da região, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo total residencial de carvão vegetal da região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul e variáveis de apoio (número de domicílios do RS e região Centro-Oeste)

	Rio Grande do Sul	Região Centro-Oeste
Número de domicílios	3.603.951	341.943
Consumo total do setor residencial (kg/ ano)	41.694.552	3.955.980,62

\*considerando um consumo médio de 11,56 kg/domicílio/ano pelo o setor residencial no RS.

Fonte: BERS (2015), BRASIL (2020), elaborado pela autora.

O valor médio de 11,55 kg/domicílio/ano configura um consumo mensal por domicílio de 0,96 kg de carvão. Dos poucos estudos sobre consumo de carvão vegetal no setor doméstico, podemos citar o de Uhlig (2008) que estima uma média de 6,8 kg/domicílio/mês de carvão vegetal consumidos no setor residencial no Brasil, mas pede cautela ao analisar esse consumo, uma vez que para esse setor, pode vir a ser superestimado. Já Passos et al. (2015), encontrou um consumo de 4,24 kg/domicílios/mês para o município de Lages no estado de Santa Catarina, sendo esse consumo, conforme os autores, fortemente relacionados com o preparo do churrasco.

#### 4.1.2 Setor comercial

No setor comercial (restaurantes e churrascarias), os dados do BERS trazem um consumo de 10.423.638 kg/ano de carvão vegetal no estado. Considerando o número de estabelecimentos consumidores disponibilizados pelo MTE de 7.242, estimou-se uma média de consumo de carvão vegetal pelo setor comercial de 1.439,33 kg/estabelecimento/ano no Rio Grande do Sul. Relacionando essa média com o número de estabelecimentos comerciais da região de estudo, de 402 estabelecimentos, estima-se uma demanda de carvão vegetal de 578.611,22 kg/ano na região Centro-Oeste, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Consumo total comercial de carvão vegetal da região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul e variáveis de apoio (número de restaurantes e churrascarias no RS e região Centro-Oeste)

	Rio Grande do Sul	Região Centro-Oeste
Número de restaurantes e churrascarias	7.242	402
Consumo total do setor comercial (kg/ano)	10.423.638	578.611,22

\*Considerando um consumo médio de 1.439,33 kg/estabelecimento/ano pelo setor comercial no RS. Fonte: BERS (2015), MTE (2015), elaborado pela autora.

#### 4.1.3 Demanda total de carvão vegetal pela região Centro-Oeste

Desta forma, somando-se os consumos totais dos setores residencial e comercial da região, os municípios da região Centro-Oeste demandam um total de 4.534.591,85 kg de carvão vegetal por ano, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo total de carvão vegetal da região centro-oeste (kg/ano)

Setor	Demanda (kg/ano)
Residencial	3.955.980,62
Comercial	578.611,22
Total	4.534.591,85

Segundo dados da Produção e Extração Vegetal da Silvicultura – PEVS, no mesmo ano de referência dos consumos, os municípios produziram um total de 1.795.000,00 kg de carvão vegetal. Ou seja, considerando que o total consumido é a demanda aproximada da região e comparando com o total produzido, conclui-se que 2.739.591,85 kg de carvão são provenientes de fora da região de estudo (Tabela 4).

Tabela 4 – Demanda de carvão vegetal da região x Produção total de carvão vegetal da região

Demanda estimada da região	4.534.591,85
Produção total da região	1.795.000,00
Diferença (carvão proveniente de outra região)	2.739.591,85

Conforme os dados de valor de produção do ano de 2019, o carvão vegetal é comercializado em média por R\$ 1,66 o kg na região (IBGE, 2019), o que representa um montante de R\$ 2.979.700,00 gerados com a produção de carvão vegetal nos municípios pertencentes a região de estudo. Por outro lado, levando em consideração o carvão proveniente de outra região, os municípios deixam de aportar R\$ 4.547.722,47 com a venda do produto.

O carvão oriundo de regiões mais distantes pode ter um preço praticado mais elevado do que aquele produzido dentro da região onde é comercializado, podendo ser pouco atrativo. Rezende e Oliveira (2008) afirmam que os preços verificados para o carvão vegetal são influenciados pelos custos de produção e pela distância entre a região produtora e o mercado consumidor.

Em projetos de produção de carvão vegetal em diferentes regiões produtoras e distâncias das indústrias consumidoras, os autores verificaram que os projetos permaneciam viáveis economicamente com o transporte do carvão vegetal ocorrendo a uma distância de até 250 km. Oliveira et al. (2017) comenta em uma distância máxima de transporte de 374 km.

Uma vez que a grande parte do carvão vegetal no Brasil é utilizada como fonte de energia pelo setor da siderurgia, nota-se a falta de dados acerca da demanda nos demais setores como residencial e comercial. Como observado por Uhlig (2008), inexistente um sistema que forneça de forma consistente e periódica, informações relacionadas a produção e consumo desses recursos florestais.

Mesmo que o setor de carvão contribua significativamente para a economia dos países em desenvolvimento por meio da redução da pobreza, criação de empregos e geração de renda familiar, grande parte da produção destinada ao consumo interno (como o doméstico) é feito por pequenos produtores, de forma rudimentar o que configura uma falta de controle dessa produção, levando a falta de estatísticas

precisas e atualizadas sobre o consumo dessa fonte de energia (BROBBEY et al. 2019; COSTA et al., 2019).

Os dados de combustíveis de madeira como o carvão vegetal são frequentemente provenientes de fontes secundárias, inconsistentes e de qualidade questionável, o que dificulta a comparação, a falta de experiência, de recursos humanos e financeiros para uma adequada coleta de dados e estimativas, uma tarefa ainda mais complexa para energéticos cujo uso é descentralizado, rural e de natureza não comercial (UHLIG, 2008).

No Brasil faltam também normativas que tratem da qualidade do carvão de uso doméstico. Segundo Costa et al. (2017) o único mecanismo que estabelece diretrizes para controle da qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos comercializado é a Resolução SAA 10 - Carvão Selo Premium, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a qual determina um padrão de qualidade para as práticas de processamento, faixa de tolerância para o tamanho das peças de carvão vegetal embalado, embalagem, a origem do produto e critérios de qualidade. No entanto, o autor destaca que essa normativa é de adesão voluntária, o que não garante seu efetivo cumprimento.

#### 4.2 POTENCIAL DE EXPANSÃO DA BASE FLORESTAL DA REGIÃO

Como forma de expandir a base florestal na região de estudo por meio da implantação de SSP com espécies do gênero *Eucalyptus*, foram consideradas as áreas de pastagens em boas e más condições existentes nos municípios que somaram um total de 567.232 hectares (Tabela 5), sendo 543.042 hectares de pastagens plantadas em boas condições e 24.190 hectares de pastagens plantadas em más condições. Sendo assim, a soma das duas áreas representa o potencial de expansão da base florestal da região.

Tabela 5 – Área de pastagens dos municípios, em hectares

Município	Pastagens plantadas em boas condições (ha)	Pastagens plantadas em más condições (ha)
Agudo	387	320
Alegrete	72.054	4.022

Barra do Quaraí	9.090	-
Cacequi	17.830	-
Capão do Cipó	13.416	74
Dilermando de Aguiar	2.892	86
Dona Francisca	-	-
Faxinal do Soturno	215	-
Formigueiro	4.550	-
Itaara	170	26
Itacurubi	7.799	-
Itaqui	32.487	3.090
Ivorá	257	-
Jaguari	4.999	210
Jari	4.192	-
Júlio de Castilhos	5.856	279
Maçambará	24.531	4.463
Manoel Viana	19.719	522
Mata	1.027	64
Nova Esperança do Sul	4.796	242
Nova Palma	315	-
Pinhal Grande	630	-
Quaraí	20.217	849
Quevedos	579	-
Rosário do Sul	29.660	1.405
Santa Maria	9.787	326
Santa Margarida do Sul	6.546	-
Sant'Ana do Livramento	35.744	1.501
Santiago	36.269	117
São Borja	32.132	3.098
São Francisco de Assis	29.060	-
São Gabriel	28.037	-
São João do Polêsine	32	71
São Martinho da Serra	1.254	90
São Pedro do Sul	4.133	-
São Vicente do Sul	4.398	129
Silveira Martins	-	-
Toropi	455	-
Tupanciretã	13.145	846
Unistalda	5.769	-
Uruguaiana	58.613	2.360
Soma	543.042	24.190
Área total (hectares)		567.232

Fonte: BRASIL (2017).

Segundo dados da Ageflor (2020), os Coredes Central, Vale do Jaguari e Fronteira Oeste possuem juntos 205.834 ha de cobertura florestal plantada com espécies de *Pinus*, *Eucalyptus* e uma pequena porcentagem de *Acacia mearsii* no Corede Central, sendo Bagé a cidade que ocupa a 7<sup>o</sup> posição no ranking dos municípios com maior área plantada de eucalipto, contando com 13.314 ha de efetivo plantio. Com a expansão proposta de 567.237 hectares de Sistema Silvipastoril a região teria um alto incremento de base florestal.

Entre tantos benefícios que podem ser alcançados sem prejuízo ao solo agropecuário, a ampliação das áreas com florestas plantadas segundo Leite (2005) proporciona: maior proteção às florestas nativas e aos ecossistemas remanescentes; aproveitamento e proteção de áreas degradadas, por meio da conservação de solos e do combate à erosão; proteção de bacias hidrográficas, evitando também o assoreamento dos rios.

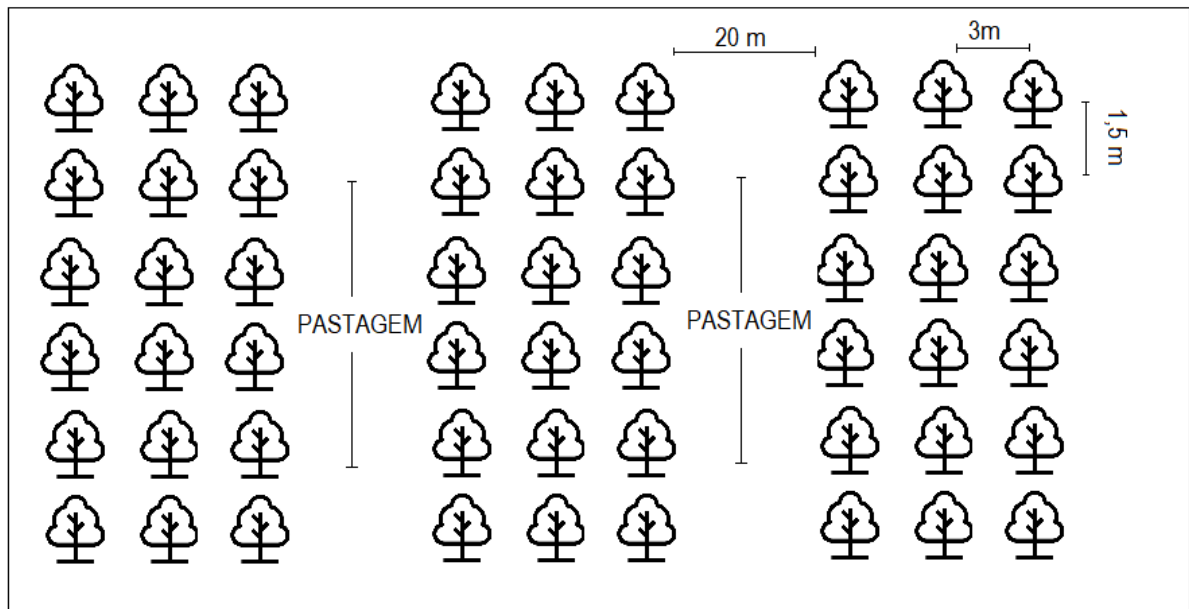
Todos esses problemas foram anteriormente citados como recorrentes na região, devido a textura do solo e o uso extensivo pela criação de animais. Em decorrência da ação antrópica somada a desajustada vocação ambiental da região, há ocorrência de areais e focos de arenização envolvendo, principalmente os municípios de Alegrete, Cacequi, Itaqui, Maçambará, Manoel Viana, Quaraí, Rosário do Sul, São Borja, São Francisco de Assis e Unistalda (CANEPPELE, 2017), que assim como os demais municípios da região sofrem com problemas de degradação ambiental.

Desta forma, entende-se o potencial do SSP em mitigar, mesmo que parcialmente, o impacto da pecuária convencional no âmbito das mudanças climáticas, este efeito seria sinérgico com as melhorias no microclima ambiência e biodiversidade, caracterizando o sistema como um desencadeador de processos de restauração e reabilitação ecológica (SILVA et al., 2020).

O arranjo proposto para o SSP é o de fileiras triplas, conforme Figura 4, onde as linhas de árvores centrais destinam-se para serraria e os desbastes são destinados a produção de carvão vegetal. Rocha et al. (2017b) destaca que o espaçamento entre plantas de 3,0 x 1,5 metros mostra-se adequado para incrementar o rendimento gravimétrico e as propriedades do carvão vegetal. O espaçamento entre faixas é o de

20 m, espaço para o desenvolvimento da pastagem. Esse espaçamento entre faixas também foi adotado por autores como Borges et al. (2014) e Clemente (2015).

Figura 4 – Arranjo do Sistema Silvipastoril



Fonte: Elaborado pela autora.

Ribaski e Ribaski (2018), consideram esse tipo de arranjo uma evolução frente aos arranjos com fileiras simples normalmente utilizados nesses sistemas, e estimam uma produtividade para *Eucalyptus grandis* de aproximadamente  $125 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  de madeira oriunda do desbaste de 70% das árvores, aos sete anos de idade.

Os outros 30% de árvores remanescentes, com madeira de melhor qualidade, serão cortadas aos 14 anos de idade e destinadas à serraria e os autores estimam uma produtividade aproximada de  $175 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  de madeira. O desenvolvimento das árvores das linhas centrais produz fustes com maiores dimensões e madeira de melhor qualidade, própria para a utilização em serraria, obtendo-se um maior valor monetário.

Considerando a produtividade de  $125 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  proposta por Ribaski e Ribaski (2018) e a área total de pastagens disponíveis na região para a adoção do sistema, a



região teria uma capacidade total de produção de 70.904,00 m<sup>3</sup> de madeira em um ciclo de 7 anos que poderia ser destinado a produção de carvão vegetal.

Segundo Barreiras (2018) o valor arrecadado em sistemas de integração pode superar o do sistema florestal tradicional para produção de madeira para energia, com as entradas provenientes do componente animal, e no caso do sistema proposto ainda se tem o valor adicionado pela madeira mais grossa para a serraria.

#### 4.3 VIABILIDADE FINANCEIRA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Os custos envolvidos no projeto estão descritos na Tabela 6. A construção do sistema forno-fornalha com 4 fornos de base circular, com capacidade de 10 m<sup>3</sup> de madeira, acoplados a uma fornalha do mesmo material custa R\$ 11.109,25. O valor contempla materiais como tijolos e peças de metal que compõe o sistema. Também foi considerado a manutenção anual dos fornos, que corresponde a 5% do valor total de construção.

Para o abastecimento do forno, controle do processo de carbonização e a retirada do carvão vegetal foi considerada a contratação de dois funcionários, os quais recebem R\$ 2.500,00 com todos os encargos trabalhistas incluídos. A embalagem do carvão é feita no local de produção pelo próprio produtor, em que metade da produção é embalada em sacos de 3 kg e a outra metade em sacos de 5 kg. Os custos envolvendo o transporte do carvão vegetal não foram incluídos.

Tabela 6 – Custos anuais da produção de carvão vegetal no sistema forno-fornalha

Item	Ano	Unidade	Valor unitário (R\$)
------	-----	---------	----------------------

Sistema forno-fornalha	0	un.	11.109,25
Manutenção forno (5%)	1-6	ano	555,46
Mão-de-obra	0-6	mês	2.500,00
Madeira <sup>1</sup>	0-6	m <sup>st</sup>	50,00
Embalagem (5kg)	0-6	un.	1,00
Embalagem (3kg)			0,60
Arrendamento	1-6	mês	300,00

<sup>1</sup>Custo médio da madeira na região de estudo R\$/m<sup>st</sup> 50,00.

Fonte: Elaborado pela autora, conforme informações de produtores locais.

O rendimento de cada forno é de 1.100 kg de carvão vegetal, o qual é vendido a R\$ 2,00/kg, conforme informações de produtores da região de estudo e bibliografia consultada (Tabela 7). Devido a fácil construção do sistema, foi adotado um período de 2 meses para construção no ano 0, o que permite que tenha produção carvão nos 10 meses restantes do mesmo ano, onde custos e receitas foram ponderados para esse período.

Tabela 7 – Dados anuais de consumo e custos de madeira, produção e receita de carvão vegetal.

	Consumo madeira (m <sup>st</sup> ) <sup>1</sup>	Custo da madeira (R\$/m <sup>st</sup> )	Produção de carvão (kg)	Preço de venda (R\$/kg)	Receita (R\$)
Anual	1.440,00	72.000,00	158.400	2,00	316.800,00

<sup>1</sup>considerando-se 3 carbonizações mensais por forno, conforme Oliveira et al. (2014).

Na tabela 8 o fluxo de caixa do projeto está descrito, com custos, receitas e saldo referente a cada ano do projeto.

Tabela 8 – Fluxo de caixa da produção de carvão vegetal

Ano	Custos	Receitas	Saldo
0	R\$ 201.709,25	R\$ 264.000,00	R\$ 62.290,75
1	R\$ 262.875,46	R\$ 316.800,00	R\$ 53.924,54

2	R\$ 262.875,46	R\$ 316.800,00	R\$ 53.924,54
3	R\$ 262.875,46	R\$ 316.800,00	R\$ 53.924,54
4	R\$ 262.875,46	R\$ 316.800,00	R\$ 53.924,54
5	R\$ 262.875,46	R\$ 316.800,00	R\$ 53.924,54
6	R\$ 262.875,46	R\$ 316.800,00	R\$ 53.924,54

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme observado na Tabela 8, em todos os anos do projeto, o saldo se manteve positivo, com receita de R\$ 264.000,00 no ano 0 e R\$ 316.800,00 nos anos 1 e 6. Oliveira et al. (2017) destaca que o lucro obtido com a produção e comercialização em projetos com o sistema fornos-fornalha podem chegar a três vezes mais que o lucro proporcionado por tecnologias como as dos fornos rabo- quente.

Na tabela 9 estão apresentados os resultados dos critérios financeiros VPL, CMPr, Razão B/C e VAE.

Tabela 9 - Resultado dos critérios financeiros para a produção de carvão vegetal

<b>Indicador Financeiro</b>	<b>Valor</b>
VPL	R\$ 344.970,56
CMPr	R\$ 1,85
B/C	1,22
VAE	R\$ 65.807,24

Fonte: Elaborado pela autora.

O VPL obteve valor positivo igual a R\$ 344.970,56 e o VAE obteve valor de R\$ 65.807,24. O CMPr obteve um valor de R\$ 1,85, inferior ao preço de venda do kg do carvão vegetal (R\$ 2,00), indicando que os produtores conseguem arcar com os custos e ter lucro com a venda.

A razão B/C superior a 1 mostra que as receitas superam os custos em 22%, indicando a viabilidade financeira da produção de carvão vegetal no sistema proposto. A razão B/C pode ainda ser maior quando o produtor é o proprietário da floresta e

consequentemente não compra de terceiros a madeira utilizada na carbonização, conforme estudos de Carneiro et al. (2012) que chegou a uma razão B/C de 1,40.

Belchior et al. (2017) encontrou um VPL de 175.687,64 e uma razão B/C de 1,06, para a produção de carvão em sistema produtivo do tipo “rabo-quente” e Silva et al. (2014) encontrou uma razão B/C de 1,06 e 1,15 para sistemas “rabo quente” e retangular de alvenaria, ambos inferiores aos indicadores encontrados neste trabalho.

Em comparação com os sistemas tradicionais de carbonização como o “rabo-quente” de superfície e de encosta, o sistema forno-fornalha costuma ser mais vantajoso financeiramente, isso se deve a diferença nos rendimentos gravimétricos do carvão vegetal entre os sistemas, uma vez que os sistemas tradicionais apresentam rendimento gravimétrico inferior, isto é, exigem mais lenha para produzir a mesma quantidade de carvão. Desta forma a tendência é de que esses tipos de fornos tenham maiores despesas operacionais que o sistema forno-fornalha (RIBEIRO et al., 2020). Oliveira et al. (2014) estima que os custos com madeira sejam 21,8% menores em sistemas forno-fornalha.

Os autores ainda citam que os sistemas tradicionais necessitam de manutenções mais frequentes e via de regra apresentam uma vida útil mais curta, o que acarreta em maiores despesas afetando o fluxo de caixa. Concluindo-se assim que o sistema forno-fornalha é uma opção viável para produtores de carvão vegetal de pequeno a médio porte.

Existem oportunidades de crescimento para os setores de produtos de madeira decorrentes das demandas domésticas, e os pequenos produtores precisam de apoio para aplicar práticas lucrativas e sustentáveis (NAMBIAR, 2021). Além do ganho financeiro há também o ganho ambiental obtido pela mínima emissão de gases poluentes para a atmosfera, uma vez que a utilização de fornalha para a queima de gases gerados na carbonização resulta na redução de 96,95% da emissão de metano (CH<sub>4</sub>), 93,76% de monóxido de carbono (CO) e 94,85% da quantidade de material particulado, que são tóxicos ao ser humano e ao meio ambiente (CARDOSO et al. 2010; OLIVEIRA et al., 2017).

## **5. CONCLUSÃO**

Percebe-se um alto potencial da região Centro-Oeste de expandir sua base florestal e criar opções para mitigar as fragilidades ambientais que a região enfrenta, abrangendo assim os três pilares da sustentabilidade: social, ambiental e econômico.

A demanda de carvão vegetal para uso doméstico e comercial é atendida também por produtores de fora da região, conforme diferença nos dados de produção e consumo. A viabilidade financeira da produção de carvão vegetal foi verificada, onde os custos superaram as receitas e resultaram em critérios financeiros positivos.

Desta forma, assumindo que a região Centro-Oeste seria beneficiada com a produção de carvão vegetal no sistema forno-fornalha, através da geração de emprego e renda, os serviços ecossistêmicos e a promoção do desenvolvimento regional, conclui-se a viabilidade econômica da produção de carvão vegetal na região de estudo nos moldes propostos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS – AGEFLOR. **O setor de base florestal no Rio Grande do Sul 2018.** Disponível em: <http://www.ageflor.com.br/noticias/wp-content/uploads/2018/12/Sumario-Executivo-AGEFLOR-2018-ano-base-2017.pdf>. Acesso em: 10 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS – AGEFLOR. **O setor de base florestal no Rio Grande do Sul 2020.** Disponível em: <http://www.ageflor.com.br/noticias/wp-content/uploads/2020/12/O-Setor-de-Base-Florestal-no-Rio-Grande-do-Sul-2020-ano-base-2019.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

ANATER, M.J.N; ESCOBAR, J.F; COELHO, S.T. CHARCOAL QUALITY IN THE HOUSEHOLD CONSUMPTION IN BRAZIL. In: 26th **European Biomass Conference and Exhibition**, p.14-17, May 2018, Copenhagen, Denmark. 2018.

BALANÇO ENERGÉTICO DO RIO GRANDE DO SUL - BERS. 2015. **Ano base 2014.** Disponível em: [http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Archives/Upload/Balanco\\_Energetico\\_RS\\_2015\\_base\\_2014\\_61962.pdf](http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Archives/Upload/Balanco_Energetico_RS_2015_base_2014_61962.pdf) Acesso em: 20 abr. 2020.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – BEM. 2019. **Ano base 2018**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>> Acesso em 21 abr. 2020.

BATTISTI, L. F. Z. et al. Soil chemical attributes in a high biodiversity silvopastoral system. **Acta Agronômica**, [S.L.], v. 67, n. 4, p. 486-493, 2018.

BAUER, E. et al. A produção de carvão vegetal na agricultura familiar do Sul do Brasil: retrato de uma realidade escondida. **Revista Percursos**, [s.l.], v. 16, n. 30, p. 99-121, 2015.

BERTÊ, A.M.A. Perfil socioeconômico - corede central. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n. 26, p. 182-220, fev. 2016.

BRASIL. **Lei nº 11.326**, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm)>. Acesso em: 25 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**, Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano ABC em números**, Brasília, 2019. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-em-numeros/arquivos/ResumodaadooemitigaodegasesdeefeitosestufapelastecnologiasdoPlanoABCPerodo2010a2018nov.pdf>> . Acesso em: 10 abr. 2021.

BROBBEY, L. K. The economic importance of charcoal to rural livelihoods: Evidence from a key charcoal-producing area in Ghana. **Forest Policy and Economics**, v.101, p:19-31. 2019.

BORGES, W. L. B. et al. Integra SP - Integração lavoura-pecuária-floresta no Noroeste paulista. **Boletim de Indústria Animal**, [S.L.], v. 71, n. 2, p. 192-199, 2014.

CABRAL, E.G.; BARREIRA, S. Expansão do setor florestal nas mesorregiões do estado de Goiás. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 61, p. 1-10, 2018.

CHARÁ, J. et al. **Intensive Silvopastoral Systems: economics and contribution to climate change mitigation and public policies: Economics and Contribution to Climate Change Mitigation and Public Policies**. *Advances In Agroforestry*, [s.l.], p. 395-416, 2017.

CANEPPELE, J. C. G. **Espacialização da arenização a partir da ecodinâmica e da cartografia ambiental**. 2017.129 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COSTA, A. C. S. et al. Qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos comercializado em Cuiabá - MT. **Nativa**, [S.L.], v. 5, n. 6, p. 456-461, 2017.

COSTA, A.C.P.R. et al. Classification of commercial charcoal for domestic use by near infrared spectroscopy. **Biomass and Bioenergy**, [S.L.], v. 127, p. 105280, ago. 2019.

CARDOSO, J.; SILVA, V.; EUSÉBIO, D. **Techno-economic analysis of a biomass gasification power plant dealing with forestry residues blends for electricity production in Portugal** *Journal of Cleaner Production*. 2018. v.212, p.741e753.

CLEMENTE, M. A. Características do Sorgo e do Eucalipto em diferentes arranjos espaciais. 2015. 51 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Programa de Pós-Graduação e Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

CUBBAGE, F. **Financial and Economic Evaluation Guidelines for Community Forestry Projects in Latin America**. 2013. Washington, DC: Program on Forests (PROFOR). Disponível em: <  
[https://www.profor.info/sites/profor.info/files/Financial%20and%20Economic%20Evaluation%20Guidelines%20for%20Community%20Forestry%20Projects%20in%20Latin%20America\\_0.pdf](https://www.profor.info/sites/profor.info/files/Financial%20and%20Economic%20Evaluation%20Guidelines%20for%20Community%20Forestry%20Projects%20in%20Latin%20America_0.pdf) > Acesso em 20 mai. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Transferência de Tecnologia Florestal**. 2019. Disponível em: <  
<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/sistema-silvipastoril>>. Acesso em 18 mai. 2020.

ESTEVEES, R. A.; MARTINS, J. H.; FERREIRA, Wanyr Romero. Viabilidade do reflorestamento com eucalipto para produção de carvão. **Brazilian Journal Of Development**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 796-805, 2020.

FARUQI, S., WU, A., BROLIS, E., ANCHONDO O. A., BATISTA, A. **The Business of Planting Trees: A Growing Investment Opportunity. World Resources Institute (WRI)**, Washington, DC, USA. Disponível em: < [https://files.wri.org/s3fs-public/business-planting-trees\\_0.pdf](https://files.wri.org/s3fs-public/business-planting-trees_0.pdf)>. Acesso em 12 de janeiro de 2021.

FILHO, J.I.P et al. Avaliação econômica de projetos de florestamento com *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden implantado sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 240-248, 2018.

FLORES, C. A.; RIBASKI, J.; MATTEI, V. L. Sistema agrossilvipastoril na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul. 2010. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_4/SistemaAgrosilvopastoril/Index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/SistemaAgrosilvopastoril/Index.htm).

Acesso em: 20 mai. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Sustainable Charcoal Production For Food Security And Forest Landscape Restoration**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca7967en/ca7967en.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Silvopastoral Systems**

**and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America**. 2019 Disponível em: < <http://www.fao.org/3/ca2792en/ca2792en.pdf>> Acesso em: 16 mai. 2020.

HANKE, John E.; REITSCH, Arthur G. Business Forecasting. Englewood Cliffs, NJ: **Prentice Hall**, 1995. 606p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBA. **Anuário estatístico 2019: ano base 2018**. Brasília, DF: IBA; 2019. Disponível em: < <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2020.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGEa. Sistema de recuperação automática. **Número de estabelecimentos agropecuários com efetivo da pecuária**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6907#resultado>. Acesso em: 10 dez. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGEb. Sistema de recuperação automática. **Área dos estabelecimentos agropecuários (hectares)**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6722#resultado>. Acesso em: 10 dez. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema de recuperação automática. **Quantidade produzida e valor da produção na silvicultura, por tipo de produto da silvicultura**. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/291>. Acesso em: 20 mar. 2021.

KRETZER, S. **Influência do sistema silvipastoril com núcleos de alta biodiversidade na dinâmica e microclima forrageiro**. 2019. 80p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, SC. 2019.

LEITE, N.B. Painel: **Avanços da silvicultura brasileira são significativos**. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va04-florestas-plantadas01.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2021.

MADAIL, J. C. M., SIMA, L. F. **Análise Econômico-Financeira da Produção de Carvão Vegetal no Rio Grande do Sul**. 2011. Comunicado Técnico. Embrapa. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79849/1/comunicado-264.pdf> Acesso em 10 mai. 2020.

MATTE, A. et al. Mercados da pecuária familiar no sul do brasil: convenções e canais de comercialização da bovinocultura de corte. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**. Belém. v.14, n.1, p:41-74. 2020

MAURÍCIO R. M. et al. Silvopastoral Systems in Latin America for Biodiversity, Environmental, and Socioeconomic Improvements. 2019. In: **Agroecosystem Diversity**. p 287-297.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Produção sustentável de carvão vegetal: Manual de construção. Brasília. 60p. 2019.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTE. Disponível em: <<https://bi.mte.gov.br/bgcaged/rais.php>>. Acesso em: 20 dez 2020.

MENEGHINI M. et al. Ajuste de previsão de demanda quantitativa com base em fatores qualitativos: Estudo de caso em um restaurante *Fast Food*. **Revista Sistemas & Gestão**, v.13, n.1, p: 68-90. 2018.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

NAMBIAR, E.K.S. Strengthening Vietnam's forestry sectors and rural development: higher productivity, value, and access to fairer markets are needed to support small forest growers. *Trees, Forests And People*, [S.L.], v. 3, p. 100052, 2021.

OLIVEIRA, R. L.M. **Instrumentação e análise térmica do processo de produção de carvão vegetal**. 2009.129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.2009.

OLIVEIRA, A. C. **Sistema forno-fornalha para produção de carvão vegetal**. 2012. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

OLIVEIRA A. C. et al. Viabilidade Econômica Da Produção De Carvão Vegetal Em Dois Sistemas Produtivos. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 44, n. 1, p. 143 - 152, 2014.

PASSOS, B.M. et al. características do consumo residencial de lenha e carvão vegetal. **Floresta**, Curitiba, v.46, n.1, p:21-29. 2015.

PRETO, J. M.; HORN, C.H. Uma avaliação do PRONAF no período 1995-2018. **Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional**, Taquara, v. 17, n.1,P: 35-49, 2020.

Rezende JLP, Oliveira AD. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV; 2008. 386 p

RIBASKI, J. et al. **Experiências com sistemas silvipastoris em solos arenosos na fronteira oeste do Rio Grande do Sul**. In: Workshop integração lavoura-pecuária-floresta no bioma pampa, 2009, Pelotas. Palestras. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009.

RIBEIRO, J. C. C.; VERDUM, R. Arenização: Visão e práticas dos técnicos e gestores no sudoeste do Rio Grande do Sul. **Para Onde!?: Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia**, v. 7, n. 2, p. 1-10, 2013.

RIBEIRO, G. B. D. et al. Economic viability of four charcoal productive systems from Minas Gerais state. *Revista Árvore*, [S.L.], v. 44, p. 44-4401, out. 2020.

RIBASKI, S.A.G; HOEFLICH, V.A.; RIBASKI, J. Sistema Silvipastoril como apoio ao desenvolvimento rural para a região Sudoeste do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.27-37, 2009.

RIBASKI, S. A. G. et al. Silvopastoral systems as a support for sustainable development in the southwestern region of the state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 7, n. 4, p. 516-532, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. Perfil Socioeconômico Corede Fronteira-Oeste. Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional. 48p. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Plano Estratégico de Desenvolvimento do Vale do Jaguari 2015-2030. Secretaria do Planejamento Governança e Gestão. 135p. 2017.

ROCHA S.J.S.S. et al. Balanço de carbono em três sistemas silvipastoril no Sudeste do Brasil. **Revista Espacios**, v. 38, n.39, p.33. 2017a.

ROCHA, M. F. V. et al. Propriedades energéticas do carvão vegetal em função do espaçamento de plantio. **Revista Ciência da Madeira - Rcm**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 54-63, 5 maio 2017b.

RODRÍGUEZ, L. et al. Agroforestry systems impact soil macroaggregation and enhance carbon storage in Colombian deforested Amazonia. **Geoderma**, [S.L.], v. 384, p. 114810, fev. 2021.

RUVIARO, C. F. et al. Economic and environmental feasibility of beef production in different feed management systems in the Pampa biome, southern Brazil. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 930-939, 2016.

SALLES, T. T. et al. Fernandes da. Bayesian approach and extreme value theory in economic analysis of forestry projects. **Forest Policy And Economics**, [S.L.], v. 105, p. 64-71, ago. 2019.

SANTOS, S.F.O.M. et al. Life cycle analysis of charcoal production in masonry kilns with and without carbonization process generated gas combustion. **Sustainability**, v.9, n.9, 2017.

SCHNEIDER, P. R. **Rentabilidade em investimento florestal**. Santa Maria: FACOS; UFSM, 2006. 153 p

SILVA, D.A.L. et al. Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.1, p.185-193, 2014

SILVA, R. O. et al. Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 201–211, 2017.

SILVA, A. A. et al. Estoques de carbono e nitrogênio no Sistema Silvopastoril com Núcleos: a nucleação aplicada viabilizando a pecuária de baixo carbono. **Research, Society and Development**, [S.L.], v. 9, n. 10, p. 2799108589, 2020.

SOARES, N.S; SILVA, M.L.; FONTES, A.A. Análise econométrica do mercado brasileiro de carvão vegetal no período de 1974 a 2000. **Scientia forestalis**. N.66.p. 84-93. 2004.

TRIVEDI, P. et al. Soil aggregate size mediates the impacts of cropping regimes on soil carbon and microbial communities. **Soil Biol. Biochem.** 91, p.169–181,2015.

TORRES, R.R. et al. Lâminas de irrigação e adubação nitrogenada na cultura do girassol na região Centro Oeste do Rio Grande do Sul. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 10, n. 1, p. 46-52, 2016.

UHLIG, A. **Lenha e carvão vegetal no Brasil: balanço oferta-demanda e métodos para a estimativa do consumo**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo. 2008.

VARELLA, A. C. et al. Silvopastoral systems in the cold zone of Brazil. In: PERI, P. L.; DUBE, F.; VARELLA, A. (Ed.). Silvopastoral systems in Southern South America. [Cham]: **Springer International Publishing Switzerland**, 2016. p

VIRGENS, A.P; FREITAS, L.C; LEITE, A.M.P. Análise Econômica e de Sensibilidade em um Povoamento Implantado no Sudoeste da Bahia. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 211-219, 23 fev. 2016.