



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA  
QUÍMICA



# Análise econômica de unidades modulares para biorrefinarias descentralizadas

*Autor: Andressa Luisi Araujo Albanus*

*Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Luciane Ferreira Trierweiler*

*Orientador: Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler*

Porto Alegre, maio de 2021



Autor: Andressa Luisi Araujo Albanus

## Análise econômica de unidades modulares para biorrefinarias descentralizadas

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
COMGRAD/ENQ da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Química*

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Luciane Ferreira Trierweiler

Orientador: Prof. Dr. Jorge Otávio Trierweiler

Banca Examinadora:

Prof<sup>a</sup> Dra. Débora Jung Luvizetto Faccin, Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul

MSc Caroline Trevisan Weber, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre

2021

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Maria Eunice e João Luiz, por me formarem, me ensinarem a importância do estudo e proporcionarem todos os recursos para que eu chegasse até aqui. Pelo amor, apoio e carinho de sempre.

À minha irmã Fernanda, que sempre me auxiliou e encorajou a continuar, mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha irmã Cristiana, por me inspirar.

Ao Nicholas, por toda a parceria, paciência e amor durante essa trajetória.

Aos professores Luciane e Jorge, pela orientação e apoio durante todo o trabalho.

Aos amigos Eduardo, Daniel, Ângelo, Heloísa, Luís e Matheus pela alegria e apoio durante a faculdade.

Aos meus padrinhos Magda e Fernando, que me possibilitaram os estudos em todos os momentos.

Ao meu avô Walmyr por demonstrar o amor pela profissão.

A todos os professores, amigos e familiares que fizeram parte do meu caminho, formando uma parte do que sou hoje.

Muito obrigada!

## RESUMO

A bioeconomia se apresenta como uma ótima oportunidade para o desenvolvimento econômico do Brasil, tendo em vista sua grande biodiversidade e disponibilidade de recursos naturais, bem como a necessidade de atender os compromissos ambientais assumidos nos acordos internacionais. Percebe-se que biorrefinarias têm papel importante na bioeconomia, aliando energia ao agronegócio. Com o avanço da tecnologia, a descentralização de usinas de etanol torna-se possível e, devido à descentralização da biomassa, unidades modulares de biorrefinarias surgem como uma alternativa interessante. Nesse contexto, a análise econômica de viabilidade se faz necessária principalmente devido à redução de escala de produção. Neste trabalho é realizada a análise de viabilidade econômica da produção descentralizada de etanol e seus derivados em unidades modulares no Rio Grande do Sul, utilizando-se de batata-doce como matéria-prima. Além disso, são identificadas as principais linhas de incentivo cabíveis e é determinada a importância das mesmas para a viabilidade do modelo de negócio estudado. O modelo de negócio se constitui de uma empresa central que vende as unidades modulares e oferece serviços de logística e de suporte técnico para o produtor rural. As unidades produzem etanol hidratado, álcool gel e bebida destilada. Para a análise, é criado um cenário base e, a partir dele, outros diversos cenários, variando-se parâmetros considerados relevantes como o valor investido inicialmente, a porcentagem de produção de cada produto, o preço dos produtos, os custos com logística e os custos com suporte técnico. São utilizadas as técnicas de análise de investimento valor presente líquido, taxa interna de retorno e *payback* descontado. A influência de cada parâmetro é determinada pela analogia com o método do ganho de controladores. Para a determinação da influência das linhas de incentivo, é calculada a porcentagem máxima viável de produção de etanol combustível para venda em cada um dos cenários. De forma geral, o modelo de negócio estudado é viável economicamente, tendo em vista que somente dois cenários dos trinta e nove analisados são inviáveis. Os resultados do cenário base são: VPL de R\$ 938.286,37, TIR de 55,84 % e *payback* descontado de 2,0 anos. O parâmetro que mais influencia na viabilidade do modelo de negócio estudado é o preço do álcool gel, que com o aumento de R\$ 1,00, gera um aumento de R\$ 834.879,00 no VPL com relação ao cenário base, 33,74% na TIR e -0,8041 anos no *payback* descontado. A linha de incentivo estudada que viabiliza a maior porcentagem de produção de etanol para venda é o Pronaf Bioeconomia, que aumenta a porcentagem viável de 18,7% para 20,5%. Como o etanol como combustível tem a menor margem, mesmo com a aprovação dos incentivos de ICMS oriundos do programa Pró-Etanol RS, o impacto desse incentivo na viabilidade é de um aumento de 1,8 pontos percentuais na produção de etanol para venda. Considerando-se a matriz de ganhos, percebe-se que o parâmetro que apresenta maior influência sobre a viabilidade do projeto é o preço do álcool gel, seguido pelo preço do Tchêchu e pela porcentagem de etanol. Sugere-se como trabalho futuro a análise de viabilidade econômica da empresa central, para verificar se as condições determinadas neste trabalho possibilitam a atividade da empresa.

**Palavras-chave:** batata-doce, etanol, unidades modulares, modelo de negócio

## ABSTRACT

The bioeconomy presents itself as a great opportunity for the economic development of Brazil, due to its great biodiversity and availability of natural resources, as well as the need to meet the environmental commitments assumed in international agreements. It is noticed that biorefineries play an important role in the bioeconomy, combining energy with agribusiness. Advances in technology allow the decentralization of ethanol plants and, due to the decentralization of biomass, modular units of biorefineries appear as an interesting alternative. However, the economic feasibility analysis is necessary mainly due to the reduction in the scale of production. In this work, the economic viability analysis of the decentralized production of ethanol and its derivatives is carried out in modular units in Rio Grande do Sul, using sweet potatoes as raw material. In addition, the main applicable incentive lines are identified and their importance for the viability of the studied business model is determined. The business model consists of a central company that sells modular units and offers logistics and technical support services to rural producers. The units produce hydrated ethanol, alcohol gel and distilled beverage. For the analysis, a base scenario is created and, based on it, several other scenarios, varying parameters considered relevant, such as the amount invested initially, the percentage of production of each product, the price of the products, the costs with logistics and the technical support costs. The techniques of investment analysis are used net present value, internal rate of return and discounted payback. The influence of each parameter is determined by analogy with the controller gain method. To determine the influence of the incentive lines, the maximum viable percentage of fuel ethanol production for sale is calculated in each scenario. In general, the studied business model is economically viable, considering that only two scenarios out of the thirty-nine analyzed are not viable. The results of the base scenario are: NPV of R \$ 938,286.37, IRR of 55.84% and discounted payback of 2.0 years. The parameter that most influences the viability of the studied business model is the price of alcohol gel, which, with the increase of R\$ 1.00, generates an increase of R\$ 834,879.00 in NPV, 33.74% in IRR and - 0.8041 years in the discounted payback. The incentive line studied that enables the highest percentage of ethanol production for sale is Pronaf Bioeconomia, which increases the viable percentage from 18.7% to 20.5%. As ethanol as a fuel has the lowest margin, even with the approval of ICMS incentives from the Pro-Ethanol RS program, the impact of this incentive on viability is an increase of 1.8 percentual points in the production of ethanol for sale. Considering the gain matrix, it is clear that the parameter that has the greatest influence on the project's viability is the price of alcohol gel, followed by the price of Tchêchu and the percentage of ethanol. It is suggested as a future work the analysis of the economic viability of the central company, to verify if the conditions determined in this work make the company's activity possible.

**Keywords:** *sweet potato, ethanol, modular units, business model*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Percentual da carteira PJ dos bancos da amostra destinados à Economia Verde ..	3
<b>Figura 2.2:</b> Percentual da carteira PJ dos bancos da amostra destinados à investimentos que possuam maior potencial de impacto socioambiental .....	4
<b>Figura 2.3:</b> Cultivares com alta produtividade no estado do RS. ....	5
<b>Figura 2.4:</b> Produção Agrícola Nacional de Batata-doce por Região .....	6
<b>Figura 2.5:</b> Produção Anual de Batata-doce no RS .....	7
<b>Figura 2.6:</b> Visões do núcleo tecnológico.....	9
<b>Figura 5.1:</b> Analogia do ganho com braço de alavanca.....	32

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1:</b> Produção anual de batata-doce por unidade da federação em toneladas.....	6
<b>Tabela 2.2:</b> Número de estabelecimentos e área dos estabelecimentos agropecuários por grupos de área total no RS em 2017.....	10
<b>Tabela 3.1:</b> Principais cidades produtoras de batata-doce no RS, suas produções e distâncias à cada empresa potencial cliente .....	13
<b>Tabela 4.1:</b> Modelo de negócio para unidades modulares de biorrefinarias .....	15
<b>Tabela 4.2:</b> Investimento inicial para cada tipo de unidade modular .....	17
<b>Tabela 4.3:</b> Custos diários para produção de etanol .....	19
<b>Tabela 4.4:</b> Custos diários para produção de álcool gel .....	19
<b>Tabela 4.5:</b> Custos diários para produção de bebida destilada.....	20
<b>Tabela 4.6:</b> Detalhamento do custo com assistência técnica .....	20
<b>Tabela 4.7:</b> Detalhamento do custo com logística .....	21
<b>Tabela 4.8:</b> Detalhamento dos custos diários para a produção de etanol, álcool gel e bebida destilada.....	21
<b>Tabela 4.9:</b> Tributação conforme produção de etanol, álcool gel e bebida destilada.....	22
<b>Tabela 1.10:</b> Financiamento do valor de investimento inicial.....	24
<b>Tabela 5.1:</b> Viabilidade econômica com a variação do investimento inicial.....	25
<b>Tabela 5.2:</b> Viabilização da venda de etanol .....	27
<b>Tabela 5.3:</b> Viabilidade econômica com a variação da porcentagem da produção de etanol para venda .....	28
<b>Tabela 5.4:</b> Viabilidade econômica com a variação da porcentagem da produção de Tchêchu .....	29
<b>Tabela 5.5:</b> Viabilidade econômica com a variação do preço do álcool gel por L.....	29
<b>Tabela 5.6:</b> Viabilidade econômica com a variação do preço do Tchêchu por litro .....	30
<b>Tabela 5.7:</b> Viabilidade econômica com a variação do custo de logística.....	31
<b>Tabela 5.8:</b> Viabilidade econômica com a variação do custo de suporte técnico .....	31

## SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	2
1.1.1	Objetivo Geral	2
1.1.2	Objetivos Específicos	2
2	Revisão Bibliográfica	2
2.1	Linhas de Incentivo	2
2.2	Batata-doce	5
2.2.1	Produtos a partir da batata-doce	7
2.2.2	Produção de Etanol a partir de batata-doce	7
2.3	Unidades Modulares	8
2.4	Análise de Modelos de Negócios – centralizado vs. descentralizado	9
3	Metodologia	11
3.1	Definição do modelo de negócio	11
3.2	Venda de Unidades Modulares	11
3.3	Serviços – Assistência Técnica	12
3.4	Logística	12
3.5	Método do ganho	14
4	Análise de Investimentos	14
4.1	Modelo de Negócio	14
4.2	Investimento Inicial	16
4.3	Fluxo de Caixa Descontado	18
4.3.1	Despesas	18
4.3.2	Receitas	22
4.3.3	Tributação	22
4.4	Formas de Financiamento	23
5	Resultados	24
5.1	Definição do Cenário Base	24
5.2	Investimento Inicial	25
5.3	Linhas de Incentivo	25
5.3.1	Pro-Etanol	26
5.3.2	Venda Direta	26
5.3.3	Pronaf Bioeconomia	26
5.3.4	Venda de CBIOS	27
5.4	Alteração do Mercado Consumidor	27
5.4.1	Segmentação/distribuição do mercado	27

5.4.2	Preço do produto	29
5.5	Alteração dos Custos de Logística	30
5.6	Alteração dos custos de suporte técnico	31
5.7	Matriz de Ganhos	32
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	33
REFERÊNCIAS		34
APÊNDICE A		41
43		
ANEXO A		44

## **1 Introdução**

Diante do crescente uso de recursos naturais, impactos ambientais e aumento da população, observa-se o crescimento do interesse por tecnologias mais limpas e desenvolvimento sustentável. Esse fato representa uma oportunidade de crescimento econômico para o Brasil, tendo em vista sua grande biodiversidade e abundância de recursos naturais. Incentivar o desenvolvimento da bioeconomia, além de trazer benefícios ambientais, proporciona a agregação de valor principalmente ao agronegócio, através da produção de alimentos, energia, artigos têxteis, entre outros, a partir de recursos biológicos renováveis ou resíduos de processos extrativos ou de transformação (CGEE, 2020).

O Acordo de Paris, um acordo global de proteção ambiental, é ratificado em 2016 pelo Brasil e tem o objetivo de diminuir o aquecimento global, através da diminuição da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). Para atender compromissos determinados no Acordo de Paris, em 2017 no Brasil é instituída a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), que visa aumentar a parcela de biocombustíveis na matriz energética e assegurar previsibilidade para o mercado de combustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, comercialização e uso de biocombustíveis (ANP, 2020).

Segundo pesquisa do CGEE(2020), observa-se que há três setores com maior potencial de alavancar a bioeconomia no Brasil, sendo elas agronegócio, energia e fármacos. As biorrefinarias representam uma união do agronegócio com o setor de energia. Percebe-se então, que as biorrefinarias são de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável e para a economia circular no Brasil. Atualmente, a matriz energética nacional é composta 8,9 % por fontes de biomassa e biogás (BRASIL, 2020), sendo que para a produção de etanol no Brasil utiliza-se como matéria-prima majoritariamente a cana-de-açúcar. No geral, as áreas de cultivo da cana-de-açúcar localizam-se principalmente em São Paulo (representando aproximadamente 60 % da cana, açúcar e etanol nacionais) e num raio de 25 km das usinas, em média, por motivos relacionados ao custo do transporte (CGEE, 2009).

Já no Rio Grande do Sul, o cultivo da cana-de-açúcar para etanol combustível é praticamente inviável devido a fatores climáticos e ao baixo retorno financeiro. A cana no RS é cultivada para produção de cachaça, que possui maior preço de venda, o que atenua o problema da produtividade. Portanto, a produção gaúcha de etanol representa menos de 1 % do consumo estadual de 1,5 bilhão de litros/ano(RIO GRANDE DO SUL, 2020). Dessa forma, o programa estadual Pró-Etanol é assinado pelo governador e tem objetivo de incentivar a produção de etanol a partir de amiláceos, como a batata-doce, que se adapta ao clima da região (RIO GRANDE DO SUL, 2020).

Com o desenvolvimento das áreas de Tecnologia da Informação e de Produção, surge a possibilidade da descentralização da produção de etanol. Observa-se que os principais modelos de negócios para produção de biocombustíveis ainda são centralizados, o que traz algumas restrições, como o custo com transporte. Considerando-se que a biomassa se encontra descentralizada, a instalação de usinas próximas às fontes de matéria-prima diminui custos logísticos e a emissão de gases de efeito estufa advindos do transporte.

Portanto, o conceito de biorrefinarias descentralizadas surge como uma opção interessante para a produção de etanol no RS. Porém, fazem-se necessárias análises econômicas, pois o preço do etanol produzido de forma descentralizada deve ser similar ao preço do produzido nas usinas convencionais de maior escala.

Neste trabalho é determinada a importância dos incentivos governamentais como o Pró-Etanol, a instituição dos CBIOS pelo Renovabio e fontes de financiamento para a viabilidade econômica das unidades modulares para biorrefinarias descentralizadas. Além da produção de etanol hidratado combustível, álcool gel e bebida destilada são produtos estudados que podem aumentar a viabilidade econômica do modelo estudado, devido ao fato de possuírem maior valor agregado.

## **1.1 Objetivos**

### *1.1.1 Objetivo Geral*

Análise da viabilidade econômica do modelo descentralizado de produção de etanol e seus derivados no estado do RS a partir de batata-doce.

### *1.1.2 Objetivos Específicos*

- Determinar os principais fatores responsáveis pelo sucesso econômico das UMAs (Unidades Modulares Automatizadas);
- Determinação da importância de incentivos governamentais e fontes de financiamento (políticas públicas) na viabilidade do modelo de negócio estudado;
- Definição do modelo de negócio viável, estudando modelos B2B e B2B2C.

## **2 Revisão Bibliográfica**

Neste capítulo é apresentada uma revisão de assuntos relevantes para a discussão do tema deste trabalho. São abordadas linhas de incentivo ao desenvolvimento sustentável e mais especificamente à bioeconomia, bem como uma visão geral da batata-doce e seus derivados. Ainda, é abordado o conceito de unidades modulares e modelos de empresas já consolidadas e de trabalhos de pesquisa e, por último, análise de modelos de negócios, focando nos modelos centralizado e descentralizado para biorrefinarias.

### **2.1 Linhas de Incentivo**

A bioeconomia vai além do uso sustentável dos recursos naturais, promove também a economia circular, inclusão social, geração de renda e agregação de valor. A implementação da bioeconomia é um processo longo e só é possível em um contexto global. Dessa forma, a cooperação internacional é imprescindível (GREEN RIO, 2020).

Esforços internacionais como a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Eco-92), o Protocolo de Kyoto (1997) e mais recentemente a Conferência de Paris, trazem o entendimento de que o desenvolvimento sustentável se dá na ordem econômica, social e ambiental, pois sem o âmbito econômico, o social e o ambiental não são sustentáveis.

Inicia-se então a pressão de se ter um mecanismo de monetizar o esforço da sustentabilidade climática. Somado a isso, consumidores passam a dar preferência a empresas que se mostram sustentáveis, mudando a característica dos mercados, e bancos se unem em um Acordo de Basileia, para promover financiamentos verdes. Dessa forma, surgem as primeiras iniciativas mais coerentes e fortes de financiamentos voltados à sustentabilidade, contendo a governabilidade como novo elemento conhecidas como ESG (*Environmental Social Governance*) (PLÖGER, 2021). No Brasil, os fundos de ações com foco em ESG administram apenas 611,5 milhões de reais, ou 0,12 % do mercado do país. No entanto, esses números devem crescer à medida que a pandemia de COVID-19 trouxe a consciência ESG para o primeiro plano (GFL, 2020). O grande impacto que a pandemia do coronavírus causou na população ajudou a reforçar o interesse e a pressão dos consumidores sobre as empresas para que adotem práticas sustentáveis do ponto de vista ambiental, ético e de inclusão social (VEJA, 2021).

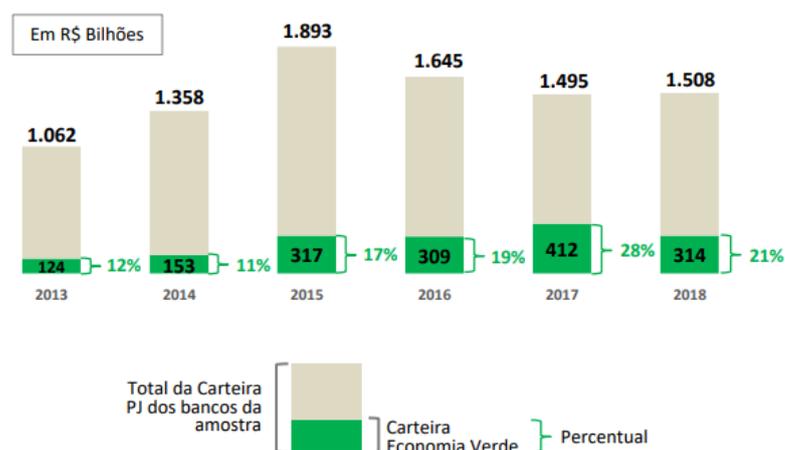
Segundo o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (2020), mecanismos de financiamento são atores principais no incentivo à bioeconomia. A iniciativa *Inquiry Into The Design of a Sustainable Financial System* do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, na sigla em inglês) tem o objetivo de canalizar os capitais intermediados pelo setor financeiro internacional para a transição à Economia Verde.

A Federação Brasileira de Bancos mensura os recursos financeiros alocados na Economia Verde e os dados são apresentados nas Figuras 2.1 e 2.2. Esta mensuração também é importante para possibilitar a gestão dos riscos socioambientais e impactos das mudanças climáticas nas carteiras de crédito que, se não adequadamente gerenciados, podem trazer riscos sistêmicos ao sistema financeiro (FEBRABAN, 2019).

O Crédito bancário para a Economia Verde (financiamentos e empréstimos) em 31/12/2018 registra saldo de R\$ 314 bilhões, o que representa 20,8 % do total da carteira pessoa jurídica dos bancos da amostra, que soma R\$ 1,508 bilhão. Já o crédito bancário para investimentos com maior potencial de impacto socioambiental, registra um saldo de R\$ 678,60 bilhões, o que representa 45 % da carteira de PJ.

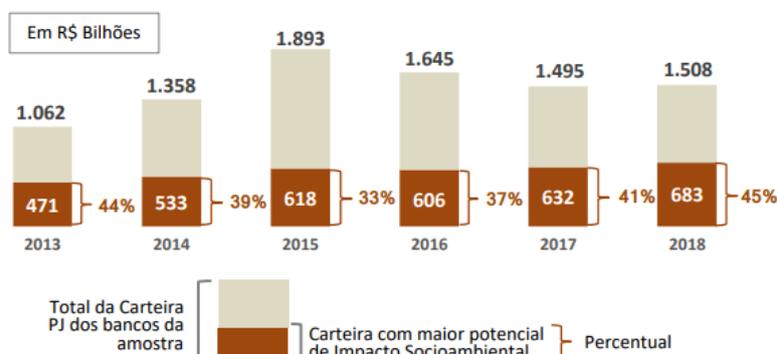
Percebe-se que, apesar da leve queda em 2018, o percentual das carteiras destinado à economia verde e à investimentos que possuam maior potencial de impacto socioambiental aumenta gradativamente com o passar dos anos. Esse fato representa o crescente interesse em investimentos que apresentem esse tipo de responsabilidade.

**Figura 2.1:** Percentual da carteira PJ dos bancos da amostra destinados à Economia Verde



Fonte: FEBRABAN (2019)

**Figura 2.2:** Percentual da carteira PJ dos bancos da amostra destinados à investimentos que possuam maior potencial de impacto socioambiental



Fonte: FEBRABAN (2019)

Além das políticas de incentivo ao desenvolvimento sustentável, as políticas energéticas, são primordiais para inserção do álcool e do biodiesel na matriz energética do País. Há algumas décadas, a mistura de etanol à gasolina no Brasil é superior a 20 % (VIDAL, 2019).

Em 1975, o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) é instituído e tem objetivo de reduzir a dependência nacional das importações de petróleo e seus derivados. Em 1979, surgem os veículos movidos exclusivamente a etanol hidratado e no início da década de 1980 a maioria dos carros comercializados no Brasil é movida a álcool. Porém, a redução do preço do petróleo e o aumento do preço do açúcar no mercado mundial provocam desabastecimento de etanol no mercado interno (VIDAL, 2019).

No início da década de 2000, com o lançamento dos veículos com motores dotados com sistema flex-fuel, há um conseqüente aumento de demanda por etanol e crescimento dos investimentos no setor. A partir de 2008, os Estados Unidos se tornaram maiores que o Brasil na produção de etanol e o Governo brasileiro teve que segurar o preço da gasolina para controlar a inflação, causando retração desse mercado. Em 2015, a elevação do percentual de mistura de anidro na gasolina comum de 25 % para 27 % (E27) voltou a aumentar a competitividade do etanol no mercado interno (VIDAL, 2019).

Instituída em 2017, a política nacional dos biocombustíveis (Renovabio) cria o CBIO (Crédito de Descarbonização), um ativo financeiro, negociado na bolsa de valores, emitido pelos produtores e importadores de biocombustível a partir da comercialização. Os distribuidores de combustíveis são obrigados a adquirir os CBIOs para cumprir sua meta de descarbonização que são estipuladas anualmente pelo Governo. Desde o início do programa, tanto a geração quanto o volume negociado de CBIOs por mês tiveram a tendência de aumentar ao longo do ano, apesar da queda em novembro e dezembro. Percebe-se ainda que a meta anual foi atingida já em novembro e que em outubro houve um pico de geração e de volume negociado. O incentivo financeiro que o programa gera, atinge seu objetivo ao atingir a meta anual. Estas informações estão disponíveis no Anexo A.1 (LUIZ, 2020).

A partir de então, os sucessivos aumentos no preço da gasolina estimularam o consumo do biocombustível usado na frota flex, resultando num recorde da produção brasileira de etanol hidratado em 2018 (VIDAL, 2019).

Em 2020, no Rio Grande do Sul, é assinado o projeto de lei que institui o Programa Estadual de Produção de Etanol das Amiláceas, o Pró-Etanol. A proposta prevê uma política pública de fomento à produção de etanol à base de amiláceas, com a intenção de reduzir a dependência do RS do etanol externo. O principal benefício é a queda da alíquota de ICMS de 30 % para 15 % na operação industrial (TAVARES, 2020).

Percebe-se ainda incentivos à inovação nessa área do conhecimento, como a chamada pública de Subvenção Econômica à Inovação e o edital Cooperativo ICT, ambos advindos da parceria entre Brasil e Alemanha para alavancar o desenvolvimento sustentável. Os incentivos oferecem recursos não reembolsáveis para o desenvolvimento de soluções inovadoras (FINEP, 2020).

Com relação especificamente a produtores rurais do Rio Grande do Sul, segundo o Censo Agropecuário do IBGE (2017), no estado, 31 % dos estabelecimentos rurais obtiveram financiamento de algum tipo, sendo 69 % destes representados por programas do governo, majoritariamente (84,82 %) pelo Pronaf. Portanto, observa-se que o produtor rural já se encontra razoavelmente familiarizado com o financiamento e possui formas de obtê-lo, o que pode facilitar o investimento do mesmo na bioeconomia.

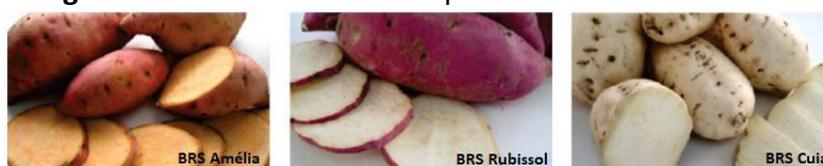
O Pronaf Bioeconomia é um financiamento destinado a agricultores e produtores rurais familiares (pessoas físicas) para investimento na utilização de tecnologias de energia renovável, tecnologias ambientais, armazenamento hídrico, pequenos aproveitamentos hidroenergéticos, silvicultura e adoção de práticas conservacionistas e de correção de acidez e fertilidade do solo, visando sua recuperação e melhoramento da capacidade produtiva. A taxa de juros é prefixada de até 2,75 % a.a. para as operações destinadas ao financiamento de tecnologias de energia renovável, como o uso da energia solar, da biomassa, eólica, miniusinas de biocombustíveis e a substituição de tecnologia de combustível fóssil por renovável nos equipamentos e máquinas agrícolas. O valor máximo para financiamento é de R\$ 165.000,00 por ano agrícola (BNDES, 2021). Demais financiamentos disponibilizados pelo BNDES voltados à agricultura encontram-se no Anexo A.2.

## 2.2 Batata-doce

A batata-doce (espécie *Ipomoea batatas*) possui elevado valor econômico e alimentício, devido à sua composição, a qual permite a segurança alimentar de inúmeras populações rurais. Cerca de 30 % da batata-doce é matéria seca que contém em média 85 % são carboidratos, sendo compostos principalmente por amido (EMBRAPA, 2008). O cultivo da batata-doce é facilmente adaptável e possui alta resistência a pragas e a seca, por ser uma planta tropical e rústica, originária da América Central e do Sul. A batata-doce é constituída de dois tipos de raízes, a de reserva ou tuberosa, onde se encontra o principal interesse econômico e nutricional, e as raízes absorventes que absorvem a água e os nutrientes do solo (EMBRAPA, 2008).

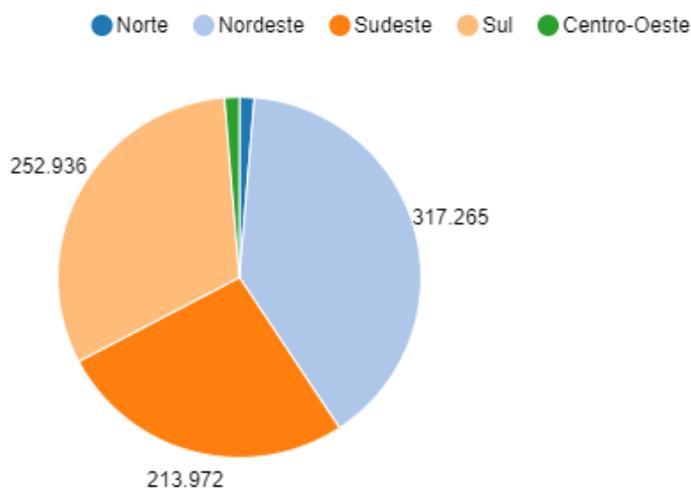
São conhecidas cerca de 400 variedades de batata-doce, sendo que BRS Rubissol, BRS Amélia e a BRS Cuia (Figura 2.3) são cultivares especiais da Embrapa que tem alta produtividade no estado do RS. Dentre as regiões brasileiras produtoras destacam-se principalmente as regiões Nordeste, Sul e Sudeste (Figura 2.4), porém considerando-se a produção por estado, o Rio Grande do Sul é o principal produtor, de acordo com IBGE, com produção de 175.041 ton/ano conforme Tabela 2.1.

**Figura 2.3:** Cultivares com alta produtividade no estado do RS.



Fonte: EMBRAPA, 2017

**Figura 2.4:** Produção Agrícola Nacional de Batata-doce por Região



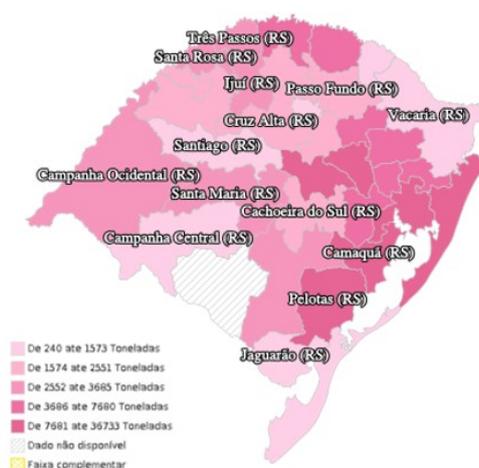
Fonte: IBGE, 2019

**Tabela 2.1:** Produção anual de batata-doce por unidade da federação em toneladas.

#	Unidade da Federação	Quantidade Produzida (ton/ano)
1	Rio Grande do Sul	175.041
2	São Paulo	140.727
3	Ceará	90.990
4	Paraná	60.148
5	Minas Gerais	58.621
6	Sergipe	51.551
7	Rio Grande do Norte	49.591
8	Pernambuco	40.499
9	Paraíba	38.782
10	Alagoas	38.013

Fonte: IBGE, 2019

No Rio Grande do Sul, a concentração da produção de batata-doce encontra-se na região sudeste (Figura 2.5), destacando-se as regiões de Porto Alegre, Camaquã, Pelotas e Osório. O rendimento médio da produção no estado do Rio Grande do Sul é de 14.607 kg/ha (IBGE, 2019).

**Figura 2.5:** Produção Anual de Batata-doce no RS

Fonte: IBGE, 2019

### 2.2.1 Produtos a partir da batata-doce

O processamento da batata-doce pode ser utilizado para agregação de valor, obtendo-se produtos como cereais, farinhas, doces, geleias, chips desidratados, macarrão, bebidas alcoólicas e não alcoólicas. Como a batata-doce possui alta produção de biomassa e carboidratos por unidade de área, a produção de etanol a partir dessa cultura é uma excelente alternativa (ECHER, 2015). Consegue-se agregar ainda mais valor, considerando-se a produção de bebidas alcólicas e álcool em gel. Neste trabalho, a bebida alcoólica produzida nas unidades modulares é o “Tchêchu”, um destilado de batata-doce produzido por um processo alternativo com menor tempo de produção e menor risco de contaminação, se comparado a seu similar, shochu (WEBER, 2017).

### 2.2.2 Produção de Etanol a partir de batata-doce

O etanol pode ser produzido a partir de matérias-primas agrícolas que contenham carboidratos passíveis de serem fermentados (açúcares e amido) (SILVA, L. F. L., 2013).

Dependendo da natureza da biomassa utilizada, a via de produção do etanol é de fermentação direta ou indireta. Para ser fermentada diretamente, a biomassa deve conter monossacarídeos. Se contiver polissacarídeos, a biomassa fermenta somente depois de uma hidrólise, a partir da qual os açúcares são passíveis de fermentação. Caldo de cana e sorgo sacarino são diretamente fermentescíveis, enquanto as amiláceas são de fermentação indireta (SOUZA, 2005). A produção de etanol por fermentação de biomassa amilácea é estudada desde 1970, buscando-se a otimização para tornar a produção mais econômica e eficiente (COSTA, 2010).

Estudos anteriores no grupo GIMSCOP (Grupo de intensificação, Modelagem, Simulação, Controle e Otimização de Processos) desenvolveram e melhoraram o processo de utilização de batata-doce residual na produção de etanol (MASIERO, 2012; RISSO, 2014; SCHWEINBERGER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2019; SCHWEINBERGER, 2016). Resíduos biológicos também podem ser matéria prima para a produção de etanol, o que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e gera novos modelos e oportunidades para o setor agrícola e alimentar (WEBER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2020).

O amido presente na batata-doce, deve ser convertido em glicose e então fermentado por leveduras para produzir-se o etanol. As principais etapas para a produção de hidrolisados

fermentados a partir de material amiláceo consistem em preparo da matéria-prima, cozimento, hidrólise, fermentação e destilação (SILVA, 1980).

As operações unitárias principais para a produção de etanol a partir da batata-doce são descritas por Silveira (2008), que são a trituração, a hidrólise, a fermentação e a destilação.

A batata-doce é primeiramente lavada, moída e misturada com água. O processo de gelatinização, que é o processo de hidratação do amido, o deixa mais exposto à ação das enzimas e, portanto, aumenta o rendimento do processo (LOPES, 2013; MASIERO, 2012).

Na sequência, é realizada a pré-hidrólise pela adição de ácidos que condiciona o mosto à hidrólise ou pela adição de enzimas  $\alpha$ -amilase e glucoamilase, que atuam sobre o amido (SCIPIONI, 2011), o mosto para a fermentação é constituído do hidrolisado resultante. Para a fermentação, o microrganismo mais utilizado é o *Saccharomyces cerevisiae*. A temperatura para a fermentação deve ser entre 30-32°C. Em seguida, o vinho é destilado e pode ser especificado em etanol hidratado ou anidro. A destilação empregada é similar àquela empregada ao etanol de cana-de-açúcar (MASIERO, 2012).

Após a destilação, um conjunto de centrífugas separa os resíduos sólidos da vinhaça fina, que volta para o processo na etapa de sacarificação. Pode, ainda, ser concentrada em evaporadores, formando um xarope que se combinado aos resíduos sólidos formam um suplemento proteico para ração animal (MASIERO, 2012).

Para a produção de álcool gel é realizada uma mistura em batelada de etanol destilado com três outros ingredientes: (i) um carbômero, o Carbopol 980 comercial, responsável pelo aumento da viscosidade e gelificação; (ii) uma base, a trietanolamina, responsável pela neutralização da dispersão (o carbômero só atinge a viscosidade máxima entre pH 6,0 e 7,0) e (iii) água purificada. Seguindo normas internacionais e estudos publicados (KAMPF, 2018), a massa de cada ingrediente é ajustada, de forma que o produto final tenha 70% (m.v<sup>-1</sup>) de etanol (WEBER *et al.*, 2020).

As principais diferenças entre a produção de etanol combustível e etanol para bebida destilada são os insumos e os parâmetros da hidrólise e fermentação simultâneas. Os insumos que divergem são a enzima para redução de viscosidade e o agente antibiótico e os parâmetros são a temperatura, e consequentemente o tempo de duração (WEBER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2020).

### 2.3 Unidades Modulares

Devido à descentralização da biomassa, a possibilidade de levar a indústria até o insumo traz maior eficiência logística e financeira. Dessa forma, a construção e utilização de unidades modulares se torna atrativa. Considerando-se biorrefinarias descentralizadas, duas empresas estrangeiras destacam-se ao containerizar plantas industriais: a Biogreen® e a Biofabrik®.

Com capacidade de produzir 250-1500 kg/h de bio-óleo, a planta da Biogreen® é projetada para ser movida eventualmente. Como matéria prima, pode ser utilizado qualquer tipo de resíduo de biomassa (BIOGREEN).

Já a planta da Biofabrik®, focada em resíduo plástico, é denominada de Wastx Plastic e possui características semelhantes à da Biogreen® (BIOFABRIK; BIOGREEN).

Além das unidades modulares de empresas consolidadas, estudos realizados pelo GIMSCOP idealizam unidades para biorrefinarias descentralizadas (BORGES, 2020; OLIVEIRA, 2020).

Ao transformar a biomassa já próximo ao local de disponibilização, reduz-se a probabilidade de deterioração do produto e, portanto, a perda de qualidade na matéria-

prima. Além disso, há a redução de custos com logística ao evitar o transporte da biomassa até um local centralizado como é feito atualmente nas usinas convencionais.

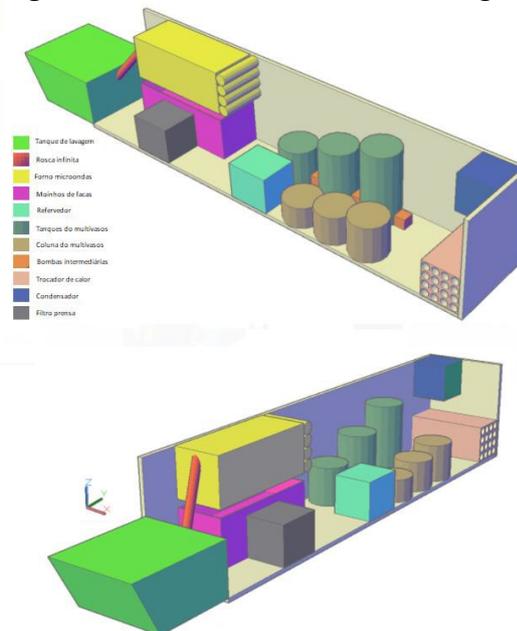
Ainda, as unidades modulares apresentam vantagens como transporte facilitado, rápida instalação e construção modular da planta. Não requerem trabalho de construção civil e são adequadas para aplicações rápidas, temporárias, em áreas de espaço limitado (BIOGREEN).

Dados relativos a três plantas móveis de biorrefinarias encontrados na literatura estão apresentados na Tabela do Anexo A.3. A planta da Biofabrik encontra-se em fase piloto, e as plantas das empresas Biogreen Energy e Pyrotech Energy já são comercializadas. Aproximadamente US\$ 328,000.00 é o custo de uma unidade da empresa Biogreen Energy de médio porte (0,25 ton/h) e US\$ 1,6 milhão é o de uma de grande porte (1,5 ton/h), sendo que essas unidades podem ser configuradas para serem estacionárias ou móveis (contêineres). (OLIVEIRA, 2020)

As unidades móveis de biorrefinarias agregam valor a biomassa ao transformá-la em produtos como o etanol e seus derivados, portanto aumentam a rentabilidade do produtor rural. Outra vantagem dessas unidades móveis é a segurança do processo, podendo ser totalmente automatizado com suporte e monitoramento remoto (BIOFABRIK). Esse fato traz a possibilidade de que a mesma empresa que realiza a venda das unidades possa monitorá-las remotamente a um preço acessível ao produtor rural.

Na Figura 2.6 observa-se o layout preliminar 3D do núcleo tecnológico proposto por Borges (2020) para uma unidade modular produtora de etanol a partir de batata-doce. O tipo de container proposto possui dimensões de 12,02 m de comprimento, 2,23 m de largura e 2,23 m de altura e capacidade de 67m<sup>3</sup>.

**Figura 2.6:** Visões do núcleo tecnológico



Fonte: BORGES, 2020

## 2.4 Análise de Modelos de Negócios – centralizado vs. descentralizado

Segundo Silva *et al.* (2018), um importante desafio a superar para a implantação do conceito de biorrefinarias é a redução dos elevados custos relativos para transportar a biomassa em longas distâncias a partir de suas origens. Atualmente no Brasil, o etanol é produzido de forma centralizada em usinas com produtividade de 120.000 L.dia<sup>-1</sup>, 180.000

L.dia<sup>-1</sup> até cerca de 400.000 L.dia<sup>-1</sup> (NOVACANA). Na maioria das vezes, a empresa detentora da usina é dona das terras produtivas de cana-de-açúcar, que no geral são localizadas num raio de 25 km das usinas, em média, por motivos relacionados ao custo do transporte (CGEE, 2009). Apesar de favorecer a redução de custos, a grande escala de uma produção centralizada tem efeitos negativos como o desgaste da terra e de recursos ambientais devido à monocultura e a baixa interação com a produção de alimentos e com a pecuária (ORTEGA et al., 2006).

Devido à biomassa ser disponibilizada de forma descentralizada, o modelo de processamento com a mesma estrutura torna-se possível, segundo Borges (2010). A autora propõe um modelo de biorrefinaria que tenha uma escala menor e estrutura descentralizada, o qual pode ser utilizado no caso específico da produção de etanol. O modelo possui vantagens em relação ao modelo centralizado: aproveitamento do potencial das culturas regionais, produção integrada de alimentos, biocombustíveis e energia, diversificação de culturas, reaproveitamento dos resíduos do processamento nas propriedades rurais próximas e redução de custos e emissões de CO<sub>2</sub> devido à logística, reduzindo, portanto, o impacto ambiental negativo. Ainda, como impacto social positivo, tem-se o aumento da distribuição de renda através da diversificação do portfólio de produtos do agricultor e da agregação de valor aos mesmos.

Apesar dos aspectos positivos apresentados, para viabilizar a implantação de unidades no modelo descentralizado, ainda são necessários estudos com relação à eficiência do processo. Masiero (2012) e Borges (2010) sugerem o investimento na automatização das unidades e o monitoramento remoto a fim de dividir pelas unidades monitoradas o custo da mão de obra especializada para diagnóstico e solução de problemas. Ainda, a qualificação da mão de obra local para operar as unidades e a regulação da comercialização dos produtos são pontos importantes a discutir.

Considerando-se a estrutura fundiária do Rio Grande do Sul, o modelo descentralizado parece apropriado. Segundo dados do Censo Agropecuário realizado pelo IBGE em 2017 (Tabela 2.2), 20 % da área ocupada por estabelecimentos rurais são pequenas propriedades (até 50 ha) e quando se somam as pequenas e médias (entre 50 e 500 ha), o número sobe para 51,4 % (SECRETARIA DE PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E GESTÃO, 2020). Por esse motivo, associações ou cooperativas de pequenos e médios produtores rurais são uma alternativa para a produção de etanol no estado.

**Tabela 2.2:** Número de estabelecimentos e área dos estabelecimentos agropecuários por grupos de área total no RS em 2017

Grupos de área	Estabelecimentos		Área	
	nº	%	hectares	%
< de 10 ha	132.782	36,4	622.812	2,9
de 10 a menos de 20 ha	89.850	24,6	1.248.381	5,8
de 20 a menos de 50 ha	82.863	22,7	2.458.100	11,3
de 50 a menos de 100 ha	26.671	7,3	1.798.380	8,3
de 100 a menos de 200 ha	13.180	3,6	1.788.182	8,2
de 200 a menos de 500 ha	10.492	2,9	3.235.549	14,9
> de 500 ha	8.355	2,3	10.533.154	48,6
<b>Total</b>	<b>365.094</b>	<b>100,0</b>	<b>21.684.558</b>	<b>100,0</b>

Fonte: IBGE/Censo Agropecuário (2017)

Ainda, para o abastecimento de insumos e a distribuição de produtos, devem ser desenvolvidas soluções minimizadoras de custos totais. Sugere-se a logística reversa, utilizando-se um caminhão que leve os insumos não principais (todos os insumos excluindo-

se a batata-doce no caso deste estudo) até a unidade modular e já busque o produto para ser levado ao cliente final.

Os modelos centralizados e descentralizados de produção de uma usina de biocombustíveis ainda foram estudados por You e Wang (2011). Para o modelo centralizado, toda a biomassa da região em estudo é processada em uma só usina, enquanto no descentralizado é processada em quatro usinas de menor tamanho.

O modelo descentralizado é competitivo frente ao centralizado quando na região de demanda há grande área disponível de biomassa. Esse fato é explicado através da compensação da economia de escala pelo custo de transporte (YUE, 2014).

### **3 Metodologia**

#### **3.1 Definição do modelo de negócio**

Nas economias emergentes como o Brasil, a infraestrutura institucional para apoiar as economias impulsionadas pelo mercado e fornecer serviços básicos muitas vezes é insuficiente. O fator mais importante em uma economia de mercado é a capacidade dos compradores e vendedores de se encontrarem e concluir as transações da maneira mais perfeita possível. Os vazios institucionais são as lacunas que existem em mercados específicos que atuam como barreiras para as interações e transações ideais de compradores e vendedores. Embora os vazios institucionais sejam impedimentos palpáveis para transações eficazes e a proliferação de serviços benéficos, eles também são oportunidades para intervenções empreendedoras (KHANNA; PALEPU, 2010).

Busca-se então analisar as principais características de uma empresa que faça a venda de unidades modulares de biorrefinarias, a assistência técnica ao produtor rural e a logística entre o produtor e o cliente final para definir principais custos envolvidos no processo. A empresa atua como facilitadora do processo, utilizando-se de suas parcerias com outras empresas (compradoras dos produtos) para intermediar a operação com o produtor rural e excluir o vazio institucional existente. Além disso, busca informá-los sobre linhas de incentivo à bioeconomia e sobre a otimização de rentabilidade conforme estudo de diferentes cenários (objetivo específico deste estudo). Neste momento, serão estudados somente casos em que o produtor (como empresa) vende para outras empresas (B2B) e para outras empresas que vendem para consumidores (B2B2C).

Para a descrição do modelo de negócio, utiliza-se o amplamente reconhecido *Business Model Canvas* de Osterwalder e Pigneur (2010), que provê uma representação visual. Consiste em nove blocos ligados aos principais elementos de negócios: (i) criação de valor (atividades-chave, recursos, parceiros), (ii) proposição e entrega de valor (produtos e serviços oferecidos para segmentos específicos de clientes via relação com consumidor e canais de distribuição) e (iii) captação de valor (estrutura de custos e receitas da empresa).

#### **3.2 Venda de Unidades Modulares**

Apesar de a unidade servir também para outros tipos de amiláceos, o estudo foi realizado com enfoque na produção de etanol a partir de batata-doce, devido à sua produtividade competitiva, baixa ociosidade e baixo custo de processamento (MASIERO, 2012). Neste trabalho são estudadas unidades modulares que produzem etanol hidratado, álcool gel e bebida destilada.

Considerando-se a análise econômica realizada por Weber (2017; 2020) é possível estimar o preço de venda das unidades modulares pela empresa central. São utilizados os valores totais diminuídos dos valores de rotuladoras e envasadoras, pois o produto saído das unidades móveis é à granel para serem envasados e rotulados na empresa cliente. Ainda, são adicionados 10% sobre o custo da unidade para montagem, 5% para instalação elétrica e hidráulica e 5% para gastos eventuais, conforme Masiero (2012). Dependendo do tamanho da produção rural dos agricultores, as unidades são compradas em associação de produtores vizinhos.

### 3.3 Serviços – Assistência Técnica

A fonte de renda por assistência técnica consiste em prestar serviços de manutenção técnica bem como de consultoria e monitoramento remoto das unidades. Para isso, a empresa central deve contar principalmente com colaboradores com conhecimento técnico específico para a manutenção dos equipamentos, para a consultoria e para responsabilidade técnica, além de um auxiliar administrativo para atendimento aos clientes. Ainda, devem ser considerados custos de manutenção como material e ferramentas.

*Markup* é a diferença entre o preço de venda de um bem ou serviço e o custo. Geralmente é expresso como uma porcentagem sobre o custo. Uma margem de lucro é adicionada ao custo total incorrido pelo produtor de um bem ou serviço para cobrir os custos de fazer negócios e gerar lucro. O custo total reflete o valor total das despesas fixas e variáveis para produzir e distribuir um produto (PRADHAN, 2007). Embora não haja um percentual de *markup* "ideal" definido, a maioria das empresas define como meta ter um *markup* de 50 por cento, conhecido como "keystone"(FRESHBOOKS). Porém, para serviços, o *markup* normalmente é maior devido ao fato de o custo ser menor e, portanto, o valor absoluto também ser menor, então, considera-se um *markup* de 60 %, com margem para negociação.

Para os três tipos de produtos, o custo com assistência técnica é considerado o mesmo devido à semelhança das unidades. Os salários brutos são retirados da literatura. Sobre o salário bruto incidem FGTS, INSS patronal, 13º salário e férias. São considerados um técnico de manutenção, um auxiliar administrativo e um engenheiro químico para cada 10 unidades modulares.

### 3.4 Logística

O sistema de logística de uma empresa é um grande diferencial para competitividade econômica e envolve o planejamento, a execução e o controle de todos os fluxos de atividades, desde a pré-produção de bens até a pós-venda, incluindo sistema de decisões, de informações gerenciais e mercadológicas (COLLAZIOL, 2003).

A rede modal do Rio Grande do Sul para transporte de carga é composta por: rodoviária (85,3 %), ferroviária (8,80 %), hidroviária (3,6 %), dutoviária (2,10 %) e aeroviária (0,20 %) (SEINFRA, 2012). Atualmente, o estado do Rio Grande do Sul, possui segundo o DAER 7.667,13 km de rodovias pavimentadas e 3.693,64 km de não pavimentadas, representando um total de 11.360,77 km de rodovias(ALVES, 2012)(DAER-RS).

Considera-se que os produtos saídos das unidades são líquidos à granel e são vendidos para empresas que por sua vez ficam responsáveis pelo envase e pela rotulagem.

Para os três casos, a prestação de serviços de logística pela empresa central é feita pelo modal rodoviário, através de caminhões que levarão o produto da unidade modular até a empresa compradora. Os três tipos de produto que são estudados neste trabalho têm suas

especificidades e precisarão de cuidados logísticos diferentes. No caso do etanol, podem ser utilizados caminhões-tanque e é necessário obedecer às leis de carregamento de produtos perigosos. No caso do álcool em gel e do Tchêchu podem ser utilizados tambores de 200 L e necessitam também de licenciamento sanitário.

Conforme demonstrado na Figura 2.5, a produção de batata-doce no RS encontra-se majoritariamente na região sudeste do estado. As principais cidades produtoras de batata-doce são apresentadas na Tabela 3.1.

Foram utilizadas como base três indústrias que seriam apropriadas para venda dos produtos em questão: a Fruki para o Tchêchu, a Lifar para o Álcool gel e a Braskem para o Etanol (para a produção de eteno verde).

**Tabela 3.1:** Principais cidades produtoras de batata-doce no RS, suas produções e distâncias à cada empresa potencial cliente

	Cidade	Microrregião	Prod. (ton/ano)	Dist. à Fruki (km)	Dist. à Lifar (km)	Dist. à Braskem (km)
1	Mariana Pimentel	Porto Alegre	18.750	189	82,3	126
2	Barra do Ribeiro	Camaquã	10.240	165	57,8	102
3	Camaquã	Camaquã	5.909	234	127	171
4	Caraá	Osório	5.000	216	112	153
5	Guaíba	Porto Alegre	7.600	135	27,7	71,8
6	Pelotas	Pelotas	3.600	349	242	286
7	Canguçu	Pelotas	2.800	296	274	318
8	Cerro Grande do Sul	Camaquã	2.750	226	119	163
9	São Lourenço do Sul	Pelotas	3.750	306	199	243
10	Sertão Santana	Porto Alegre	2.800	187	79,4	123

Fonte: (IBGE, 2019)

O cálculo do custo com logística foi feito baseado na distância entre as 10 cidades mais produtoras de batata-doce no RS e empresas que poderiam fazer o papel de cliente dos produtos. Foi utilizado o aplicativo Google Maps para o cálculo das distâncias.

Para o custo de frete de produtos químicos, utiliza-se a Resolução nº 5.923, de 18 de janeiro de 2021 (ANTT, 2021) e o trajeto médio até as respectivas empresas. Considera-se ainda que o trajeto total é ida e volta, pois leva insumos de complexos industriais das empresas compradoras até as unidades e volta com os produtos para o mesmo local. Para o custo com caminhoneiro, foi considerado o piso salarial, as despesas com INSS e FGTS, bem como 13º salário e férias.

Considerando-se que as unidades operem na sua capacidade máxima, é produzido em torno de 1 t/dia dos produtos estudados (WEBER *et al.*, 2020; WEBER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2020). O modelo de caminhão utilizado possui capacidade de 50 t e 9 eixos, portanto ele seria necessário aproximadamente a cada 50 dias em cada unidade, porém, como o armazenamento local é de 10 mil litros, o caminhão pode passar mais frequentemente, a cada dez dias, porém em cinco propriedades próximas.

Para a logística, considera-se um *markup* de 41 %, considerando-se a concorrência, o lucro esperado e os custos envolvidos neste tipo de negócio.

### 3.5 Método do ganho

Na área de controle de processos, a função de transferência pode ser vista como uma representação externa (entrada – saída) do sistema que mostra como o mesmo reage a uma dada função de entrada.



Onde  $G(s)$  é a função de transferência,  $U(s)$  é a entrada e  $Y(s)$  é a saída. O ganho  $K$  da função de transferência  $G(s)$  é o valor que corresponde a  $K = G(s = 0)$  e corresponde a derivada da curva de soluções estacionárias do sistema.

Portanto, fazendo-se uma analogia, utilizando-se o cenário base, no qual são realizadas perturbações, pode-se chegar à uma função de transferência que correlaciona entradas e saídas. Plotam-se os dados de cada perturbação com o resultado de viabilidade (dados de VPL, TIR e Payback) e faz-se uma regressão para chegar ao ganho da função de transferência. No caso de chegar-se a uma função que não possui derivada constante, faz-se uma linearização para fins de comparação. Fazendo-se a derivada da função, encontra-se o ganho de cada perturbação, que representa a grandeza da variação que ocorrerá na viabilidade, expressa em termo das variáveis de saída.

## 4 Análise de Investimentos

Neste capítulo é apresentado o modo de análise dos investimentos para o produtor rural, considerando-se a compra das unidades modulares de biorrefinarias e a produção de etanol, álcool gel e bebida destilada.

Utilizando-se a análise econômica realizada por Masiero(2012) e Weber(2020; 2020), é possível identificar os principais custos envolvidos na produção de etanol hidratado, álcool gel e bebida destilada a partir de batata-doce em micro usinas e avaliar a viabilidade econômica do modelo de negócio para o produtor rural.

### 4.1 Modelo de Negócio

Na Tabela 4.1 é apresentado o modelo de negócio utilizado para determinar os custos envolvidos nos processos de produção de etanol, álcool gel e bebida destilada. São considerados o produtor rural, a empresa central e a empresa cliente. As receitas de cada cenário para cada produto também são baseadas no modelo de negócio apresentado na Tabela 4.1. Além da tabela, é apresentado o Canvas no Apêndice A.2.

**Tabela 4.1:** Modelo de negócio para unidades modulares de biorrefinarias

Criação de Valor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• venda de unidades modulares de biorrefinarias visando aumento da rentabilidade do pequeno e médio agricultor rural;</li> <li>• serviços de assistência técnica incluindo-se o auxílio na busca por linhas de financiamento públicas e privadas, nacionais e internacionais e indicação de produção considerando-se a rentabilidade e serviço de logística do produto até a empresa cliente;</li> <li>• dependendo do caso, envase e rotulagem dos produtos, bem como auxílio ao atendimento à requisitos legais;</li> <li>• parcerias com centros de pesquisa universitários e com organizações que financiam projetos de bioeconomia, bem como com empresas que compram os produtos para posterior venda;</li> <li>• profissionais técnicos, administrativos, caminhões, unidades modulares com valor acessível;</li> <li>• grande responsabilidade social devido à geração de empregos, bem como o incentivo ao aumento da rentabilidade do pequeno agricultor rural.</li> </ul>
Proposição e entrega de valor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• venda de unidades modulares, através de vendedores que irão até áreas rurais, produtoras de batata-doce de pequenos e médios agricultores, entrega do produto após encomenda;</li> <li>• assistência técnica para os agricultores, tanto no sentido de manutenção de equipamentos, quanto no sentido de dar suporte de diagnóstico e monitoramento aos operadores da unidade;</li> <li>• ida de profissionais técnicos até local onde está instalada a unidade, bem como atendimento e monitoramento remoto;</li> <li>• logística realizada levando-se insumos e buscando-se produtos prontos nas unidades e levando-os até a empresa cliente, ou até a central para envase e rotulagem.</li> </ul>
Captação de valor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• a estrutura de custos da empresa é representada por custo para a manufatura ou montagem do equipamento (operários, técnicos mecânicos, engenheiro mecânico/químico responsável, custo com materiais), profissionais capacitados para assistência técnica (engenheiro químico responsável, técnicos de manutenção e auxiliares administrativos), custos com logística (caminhoneiros, técnicos em logística, combustível, caminhões, manutenção, impostos caminhões, seguros), impostos, custos com atendimento legal para produtos alimentícios e farmacêuticos;</li> <li>• as fontes de receita são venda de unidades, assistência técnica (contrato pagamento mensal + custos de transporte e estadia dos técnicos – avulso por visita) e logística (pagamento mensal ou por frete, após realização da entrega do produto).</li> </ul>

## 4.2 Investimento Inicial

A capacidade produtiva das unidades é de 1000 litros por dia de destilado (WESCHENFELDER, 2011). É considerado que o maquinário para produção agrícola já é de posse do produtor. Assim, o capital investido inicialmente é relativo à compra da unidade produtiva, à montagem e à instalação elétrica e hidráulica.

O investimento inicial do produtor rural é composto pelo custo da unidade, custo de montagem e custo da instalação elétrica e hidráulica. Além disso, são considerados R\$ 160.000,00 para capital de giro. Os dados são retirados de Weber( 2020; 2020) e adaptados de Masiero(2012). Na Tabela 4.2, são detalhados os custos com equipamentos e os valores de investimento inicial para cada tipo de unidade modular. O investimento inicial estimado para a unidade produtora de etanol hidratado é de R\$ 436.260,00. Já para a unidade produtora de álcool gel, estima-se que sejam investidos inicialmente R\$ 471.420,00 e para a bebida destilada, estima-se R\$ 436.920,00.

**Tabela 4.2:** Investimento inicial para cada tipo de unidade modular

Equipamento	Bebida Destilada			Álcool Gel			Etanol		
	Preço Unitário (R\$)	Ud	Preço total (R\$)	Preço Unitário (R\$)	Ud	Preço total (R\$)	Preço Unitário (R\$)	Ud	Preço total (R\$)
Esteira transportadora	4.400,00	2	8.800,00	4.400,00	2	8.800,00	4.400,00	2	8.800,00
Balança digital	3.300,00	1	3.300,00	3.300,00	1	3.300,00	3.300,00	1	3.300,00
Lavador e descascador	11.880,00	1	11.880,00	11.880,00	1	11.880,00	11.880,00	1	11.880,00
Bomba de água de lavagem	550,00	1	550,00	550,00	1	550,00	550,00	1	550,00
Moedor martelo	9.900,00	1	9.900,00	9.900,00	1	9.900,00	9.900,00	1	9.900,00
Rosca sem fim para material triturado	1.650,00	1	1.650,00	1.650,00	1	1.650,00	1.650,00	1	1.650,00
Dornas de fermentação	2.200,00	5	11.000,00	2.200,00	5	11.000,00	2.200,00	5	11.000,00
Agitador	1.320,00	5	6.600,00	1.320,00	5	6.600,00	1.320,00	5	6.600,00
Bomba para recirculação	1.320,00	5	6.600,00	1.320,00	5	6.600,00	1.320,00	5	6.600,00
Unidade de destilação	104.500,00	1	104.500,00	104.500,00	1	104.500,00	104.500,00	1	104.500,00
Sistema de Resfriamento	4.950,00	1	4.950,00	4.950,00	1	4.950,00	4.950,00	1	4.950,00
Caldeira (4kgf/cm <sup>2</sup> )	27.500,00	1	27.500,00	27.500,00	1	27.500,00	27.500,00	1	27.500,00
Bomba de etanol para reservatório	1.320,00	1	1.320,00	1.320,00	1	1.320,00	1.320,00	1	1.320,00
Reservatório	9.900,00	1	9.900,00	9.900,00	1	9.900,00	9.900,00	1	9.900,00
Bomba de etanol para misturador	-	0	-	1.300,00	1	1.300,00	-	0	-
Bomba de água para diluição	550,00	1	550,00	-	0	-	-	0	-
Misturador com aquecimento	-	0	-	28.000,00	1	28.000,00	-	0	-
Sistema de aplicação de vinhaça	44.000,00	1	44.000,00	44.000,00	1	44.000,00	44.000,00	1	44.000,00
Açude para armazenagem de vinhaça	18.700,00	1	18.700,00	18.700,00	1	18.700,00	18.700,00	1	18.700,00
Galpão	92.400,00	1	92.400,00	92.400,00	1	92.400,00	92.400,00	1	92.400,00
			435.600,00			464.350,00			435.050,00
Montagem	43.560,00	1	43.560,00	46.435,00	1	46.435,00	43.505,00	1	43.505,00
Instalação Elétrica	21.780,00	1	21.780,00	23.217,50	1	23.217,50	21.752,50	1	21.752,50
Gastos Eventuais	21.780,00	1	21.780,00	23.217,50	1	23.217,50	21.752,50	1	21.752,50
<b>TOTAL</b>			<b>436.920,00</b>			<b>471.420,00</b>			<b>436.260,00</b>

Fonte: Adaptado de Masiero(2012) e Weber (2020; 2020).

### 4.3 Fluxo de Caixa Descontado

A avaliação por fluxo de caixa descontado é amplamente utilizada para analisar novos investimentos. Se um investimento apresenta um retorno acima do gerado por investimentos que possuam risco semelhante, será considerado um investimento que agrega valor. Portanto, para gerar fluxo de caixa mais alto, uma empresa que gera retorno mais alto precisará investir valor menor.

Para a construção do fluxo de caixa, são consideradas as receitas e despesas incorridas a cada ano, bem como, o investimento inicial no ano zero.

#### 4.3.1 Despesas

Os custos variáveis envolvidos também são baseados nas análises de Masiero(2012) e Weber (2020; 2020). Esses custos estão relacionados à produção agrícola e ao processamento da matéria-prima na unidade de produção. Com relação aos insumos agrícolas, adotam-se as quantidades utilizadas pelas Usinas Sociais Inteligentes (USI), que cultivam batata-doce para produção de etanol em São Vicente do Sul, RS, apresentadas no trabalho de Junior(2009). Os custos com manejo das culturas são definidos por Masiero (2012) com base na literatura e entrevista realizada com profissionais da área. É considerado que o maquinário agrícola é alugado pelo produtor rural e a mão-de-obra é contratada. Ainda, considera-se que o custo com manutenção da unidade é definido como um percentual do valor de investimento em equipamentos e instalações. São avaliados 10 anos de operação e é adotado um percentual crescente para manutenção, sendo 1% no primeiro ano e acrescidos 1% a cada ano. (MASIERO, 2012; WEBER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2020)

Nas Tabelas 4.3, 4.4 e 4.5 são apresentados os custos variáveis envolvidos na produção de cada tipo de produto. Conforme Weber (2020) e Masiero (2012), para a recuperação de etanol na destilação é adotado o rendimento de 90%. A destilação é conduzida até 96% (v/v) para o etanol combustível, até 77% (v/v) para o álcool gel e até 37 % para o Tchêchu.

Para o custo com a batata-doce são utilizados custos com produção agrícola e logística da biorrefinaria. Como referência, são consideradas batatas-doce com 30% de amido em massa. Para o álcool gel são utilizados carbopol e trietanolamina, além do etanol 77% (v/v). O consumo diário de cada equipamento está relacionado com os custos de energia elétrica. Para a destilação, o aquecimento da batata-doce e o aquecimento do tanque misturador é utilizada a queima de madeira de eucalipto. O custo com mão-de-obra está relacionado ao salário-mínimo brasileiro, que é de R\$ 1.100,00 mensais e foram considerados FGTS, INSS patronal, 13º salário e férias.

**Tabela 4.3:** Custos diários para produção de etanol

Etanol					
Insumos	Quantidade		Custo		Total (R\$)
Batata-doce <sup>a</sup>	5701,6	kg	0,06216	R\$/kg	354,41
Trabalhadores	3	trabalhador	77,64	R\$/trabalhador.dia	232,93
Energia elétrica	128,3	kWh	0,51507	R\$/kWh	66,08
Água	29,58	m <sup>3</sup>	7,25	R\$/m <sup>3</sup>	214,46
Enzima Hidrólise	0,001	L/kg batata-doce	31,70	R\$/L	180,74
Enzima Redução Viscosidade	0,0001	L/kg batata-doce	158,30	R\$/L	90,26
Levedura	0,0033	kg/kg batata-doce	64,50	R\$/kg	1.213,59
Agente antibiótico	0,002833	kg/kg batata-doce	349,00	R\$/kg	563,73
Lenha	2,2	m <sup>3</sup>	42,29	R\$/m <sup>3</sup>	93,04

Fonte: (WEBER *et al.*, 2020)

a – Consideram-se custos envolvidos na autoprodução, sem compra de batata-doce e transporte

**Tabela 4.4:** Custos diários para produção de álcool gel

Álcool Gel					
Insumos	Quantidade		Custo		Total (R\$)
Batata-doce <sup>a</sup>	5701,6	kg	0,06216	R\$/kg	354,41
Trabalhadores	5	trabalhador	77,64	R\$/trabalhador.dia	388,21
Energia elétrica	140,02	kWh	0,51507	R\$/kWh	72,12
Água	29,58	m <sup>3</sup>	7,25	R\$/m <sup>3</sup>	214,46
Enzima Hidrólise	0,001	L/kg batata-doce	31,70	R\$/L	180,74
Enzima Redução Viscosidade	0,0001	L/kg batata-doce	158,30	R\$/L	90,26
Levedura	0,0033	kg/kg batata-doce	64,50	R\$/kg	1.213,59
Agente antibiótico	0,0002833	kg/kg batata-doce	349,00	R\$/kg	563,73
Lenha	2,2	m <sup>3</sup>	42,29	R\$/m <sup>3</sup>	93,04
Carbopol	0,0024264	kg/L álcool gel	195	R\$/kg	640,97
Trietanolamina	0,0067174	L/L álcool gel	103,32	R\$/L	940,21

Fonte: (WEBER *et al.*, 2020)

**Tabela 4.5:** Custos diários para produção de bebida destilada

Bebida destilada					
Insumos	Quantidade		Custo		Total (R\$)
Batata-doce <sup>a</sup>	7623,11	kg	0,06216	R\$/kg	473,85
Trabalhadores	5	trabalhador	77,64	R\$/trabalhador.dia	388,21
Energia elétrica	131,98	kWh	0,51507	R\$/kWh	67,98
Água	30,82	m <sup>3</sup>	7,25	R\$/m <sup>3</sup>	223,45
Enzima Hidrólise	0,001	L/kg batata-doce	31,70	R\$/L	241,65
Levedura	0,0033	kg/kg batata-doce	64,50	R\$/kg	1.622,58
Agente antibiótico	0,0000125	kg/kg batata-doce	127,80	R\$/kg	12,18
Lenha	2,2	m <sup>3</sup>	42,29	R\$/m <sup>3</sup>	93,04

Fonte: (WEBER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2020)

Além dos custos diários com a produção em si, são considerados os custos com assistência técnica e com a logística. Para a assistência técnica, foi considerado o custo de um técnico de manutenção, um auxiliar administrativo, um engenheiro químico, custos básicos de manutenção, que incluem valores de material e ferramentas, considerando-se e custo com a central, que inclui valores de internet, computadores, luz, aluguel. Na Tabela 4.6 se encontram os custos da assistência técnica. Além disso, considera-se que esses funcionários atendem 10 unidades/mês.

**Tabela 4.6:** Detalhamento do custo com assistência técnica

Assistência Técnica			
	Piso salarial	Custo mensal	Custo diário
Técnico Manut.	R\$ 2.809,00	R\$ 3.965,37	R\$ 198,27
Aux. Administr.	R\$ 1.100,00	R\$ 1.552,83	R\$ 77,64
Eng. Quím.	R\$ 6.529,00	R\$ 9.216,77	R\$ 460,84
Custos Básicos Manut. <sup>a</sup>	-	R\$ 166,67	R\$ 8,33
Custos Central <sup>b</sup>	-	R\$ 1.261,00	R\$ 63,05
<b>Total</b>			R\$ 808,13
<b>Markup 60 %</b>			R\$ 1.293,01
<b>Considerando que atende 10 unidades/mês</b>			<b>R\$ 129,30</b>

a – Em torno de R\$ 200,00 ao ano para a unidade (excluído o valor de custos com manutenção de equipamentos).

b – Em torno de 8,5 % dos custos com mão de obra.

Calcula-se a média das distâncias entre as 10 cidades mais produtoras de batata-doce no RS e as empresas Fruki, Braskem e Lifar e multiplica-se por 2 por tratar-se de viagem de ida e volta, considerando-se que na ida até a unidade o caminhão leva insumos necessários para o processo produtivo. Utiliza-se o custo de frete de produtos perigosos à granel com 9 eixos da Resolução nº 5.923 de 18 de janeiro de 2021 (ANTT, 2021) que encontra-se no anexo A.4.

Para o custo com caminhoneiro, foi considerado o piso salarial, as despesas com INSS e FGTS, bem como 13º salário e férias.

Considerando-se que as unidades operem na sua capacidade máxima, é produzido em torno de 1 t/dia dos produtos estudados (WEBER *et al.*, 2020; WEBER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2020). O modelo de caminhão utilizado possui capacidade de 50 t e 9 eixos, portanto ele seria necessário aproximadamente a cada 50 dias em cada unidade, porém, como o armazenamento local é de 10 mil litros, o caminhão passa mais frequentemente, a cada 10 dias, porém em cinco propriedades próximas. Considera-se um markup de 41 % no caso da logística, para, após impostos, despesas fixas, variáveis, ter-se lucro de 5 a 10%.

Na Tabela 4.7 são apresentados os resultados de custo com logística.

**Tabela 4.7:** Detalhamento do custo com logística

<b>Logística</b>			
	<b>Bebida destilada</b>	<b>Álcool em gel</b>	<b>Etanol</b>
Tabela Referencial Custo (ANTT, 2021)	R\$ 70,54	R\$ 49,46	R\$ 58,83
Caminhoneiro	R\$ 2,70	R\$ 2,70	R\$ 2,70
<b>Logística total + Mão de obra (diária para cada unidade)</b>	<b>R\$ 73,24</b>	<b>R\$ 52,16</b>	<b>R\$ 61,52</b>
<b>Markup 41 %</b>	<b>R\$ 103,27</b>	<b>R\$ 73,54</b>	<b>R\$ 86,75</b>

O custo de produção diária de cada produto é de R\$ 3.201,04, R\$ 3.996,14 e R\$ 3.331,27 para o etanol, álcool gel e bebida destilada, respectivamente. O custo com a produção de etanol para consumo interno é o custo diário total menos o custo com logística. Na Tabela 4.8, apresenta-se o detalhamento dos custos diários para a produção de cada tipo de produto.

**Tabela 4.8:** Detalhamento dos custos diários para a produção de etanol, álcool gel e bebida destilada

<b>Matéria-Prima</b>	<b>Etanol</b>		<b>Álcool gel</b>		<b>Bebida destilada</b>	
	<b>R\$</b>	<b>%</b>	<b>R\$</b>	<b>%</b>	<b>R\$</b>	<b>%</b>
Batata-doce	354,41	10,99	354,41	8,82	473,85	14,12
Colaboradores	232,93	7,22	388,21	9,66	388,21	11,57
Energia elétrica	66,08	2,05	72,12	1,79	67,98	2,03
Água	214,46	6,65	214,46	5,33	223,45	6,66
Enzima de hidrólise	180,74	5,60	180,74	4,50	241,65	7,20
Enzima para redução de viscosidade	90,26	2,80	90,26	2,25		
Levedura	1213,59	37,63	1213,59	30,19	1622,58	48,36
Antibiótico	563,73	17,48	563,73	14,02	12,18	0,36
Lenha	93,04	2,88	93,04	2,31	93,04	2,77
Carbômero			640,97	15,94		
Trietanolamina			6,01	0,15		
Logística	86,75	2,69	73,54	1,83	103,27	3,08
Assist. Técnica	129,30	4,01	129,30	3,22	129,30	3,85
<b>Total</b>	<b>3225,29</b>	<b>100,00</b>	<b>4020,38</b>	<b>100,00</b>	<b>3355,51</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Adaptado de (MASIERO, 2012; WEBER *et al.*, 2020; WEBER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2020)

#### 4.3.2 Receitas

Considera-se que são processados aproximadamente 5.700 kg/dia de batata-doce para unidades de etanol e álcool gel e 7.600 kg/dia para unidades de bebida destilada e que o rendimento para etanol é de 1.000 L/dia, para o álcool gel é 1.342 L/dia (WEBER *et al.*, 2020) e para a bebida destilada é de 1.216 L/dia (WEBER; TRIERWEILER; TRIERWEILER, 2020).

O preço do etanol está estimado no valor de R\$ 2,054 (FECOMBUSTÍVES, 2021) por litro para o produtor, o do álcool em gel de R\$ 5,50 por litro e da bebida destilada de R\$ 9,00 por litro. Para a receita com o consumo interno de etanol será considerada a economia que o produtor rural tem ao deixar de consumir etanol externo, portanto considera-se o preço ao consumidor, que é R\$ 4,19 considerando-se a média dos últimos 12 meses no RS (ANP, 2021).

É considerado que tudo o que é produzido é vendido (exceto o etanol para consumo interno), portanto, a receita com a venda de cada um dos produtos é a produção total anual (diária x dias no mês x 12) multiplicada pelo preço de venda.

#### 4.3.3 Tributação

A tributação de etanol hidratado total divide-se em duas: a parte fixa por litragem e o percentual sobre a receita. O imposto por litro vendido de etanol é R\$ 0,1309 de PIS/PASEP e COFINS ao produtor (FECOMBUSTÍVES, 2021) e o percentual é de 32,28%. O ICMS sobre o etanol no Rio Grande do Sul é de 30%. Considera-se ainda que o modo de apuração é lucro presumido. Assim, considera-se que 8% do faturamento de venda de produtos é lucro, portanto, incide 15% de imposto de renda (IRPJ) e 14% de contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL) sobre 8% do faturamento, resultando-se em 1,2% de IRPJ e 1,08% de CSLL. Sobre o álcool em gel, incide 29,69% de tributos sobre a receita, sendo 1,2% IRPJ, 1,08% CSLL, 0,65% PIS/PASEP e 3% COFINS, 17,5% ICMS RS (RIO GRANDE DO SUL, 2021) e por fim 8% IPI (BRASIL, 2016) que incide-se adicionalmente ao preço de venda do produto. Para o “Tchêchu”, há 48,41% de tributos, representados por 1,2% de IRPJ, 1,08% de CSLL, 0,65% de PIS/PASEP, 3% de COFINS, 27% de ICMS RS (RIO GRANDE DO SUL, 2021) e 30% de IPI adicionado ao preço de venda. Na Tabela 4.9 é apresentada a tributação que incide sobre cada um dos produtos e sua respectiva venda.

**Tabela 4.9:** Tributação conforme produção de etanol, álcool gel e bebida destilada

Tributo/Produto	Etanol	Álcool em Gel	Bebida destilada
IRPJ	1,2%	1,2%	1,2%
CSLL	1,08%	1,08%	1,08%
PIS/PASEP	R\$ 0,1309/L	0,65%	0,65%
COFINS		3%	3%
ICMS	30%	17,5%	27%
IPI* (adic. ao preço)	-	8%	30%
Alíquota efetiva total sobre o faturamento**	32,28%	29,69%	48,41%

\*o IPI é adicionado diretamente ao preço de venda do produto

\*\*para o etanol, o valor de PIS e COFINS está excluído desta alíquota, pois é um valor fixo por litragem.

O fluxo de caixa é determinado em um período de 10 anos, e a construção da micro-usina é realizada no ano anterior ao primeiro. Consideram-se 8 horas de operação diária, totalizando

40 horas semanais. Ainda, com relação ao capital para investimento inicial e capital de giro, considera-se que todo o valor é financiado. É considerada uma taxa de 8 % a.a. e prazo de pagamento de 10 anos.

A viabilidade econômica da produção do destilado de batata-doce foi baseada na análise de três indicadores econômicos: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e período de recuperação econômica de capital (Payback descontado).

O fluxo de caixa é calculado da seguinte forma:

$$FC = R_{et} * (1 - T_{et\%}) - T_{et\$} - C_{et} + R_{ag} * (1 - T_{ag\%}) - C_{ag} + R_{tch} * (1 - T_{tch}) - C_{tch} - P_{FIN} - C_{manut}$$

Onde FC é o fluxo de caixa anual, R representa as receitas anuais, T as alíquotas tributárias, C os custos anuais e P<sub>FIN</sub> o pagamento do financiamento. O índice *et* representa etanol, *ag* representa álcool gel, *tch*, Tchêchu e *manut*, manutenção. O fluxo de caixa descontado é calculado trazendo-se ao valor presente o resultado de cada período, considerando-se uma taxa de desconto de 10 % a.a., conforme a seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+r)^t}$$

Onde VPL é o valor presente líquido, FCt é o fluxo de caixa a cada período, r é a taxa de desconto e t é o período. O fluxo de caixa acumulado descontado é o valor de cada período trazido ao valor presente e somado ao resultado do período anterior. Além do VPL, são calculados a TIR e o Payback. Para calcular-se a TIR, iguala-se o VPL a zero. Portanto, considera-se:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+r)^t}$$

O *r* retornado é o valor da TIR. Compara-se a TIR com a TMA e se TIR > TMA, o investimento é viável e atrativo, se TIR < TMA, o investimento não é atrativo. O payback descontado é calculado considerando-se os valores de fluxo de caixa descontado e determinando-se quanto tempo demorará para o investimento retornar o valor investido inicialmente, ou seja, a partir de quanto tempo o VPL será positivo.

#### 4.4 Formas de Financiamento

Para o investimento inicial do projeto, considera-se que o produtor rural busca formas de financiamento do valor necessário. A análise da taxa de juros do financiamento é necessária, pois tem a capacidade de viabilizar ou não um projeto economicamente, tendo em vista a oneração que os juros podem trazer ao projeto. Além disso, se a empresa central conseguir alcançar financiamentos com taxas mais atrativas para o produtor rural, ela poderá aumentar o preço da unidade sem comprometer a viabilidade econômica para o produtor.

Segundo simulador para crédito rural do Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE) que utiliza as médias das taxas de juros praticadas pelo banco e as demais despesas relacionadas ao crédito, consegue-se uma taxa de 8 % a.a. com prazo de pagamento de 10 anos. Considera-se também a tabela *Price* para amortização, portanto o financiamento é pago em prestações iguais, as quais são subdivididas em duas parcelas. São elas: juros do período, calculados sobre o débito no início do período e amortização do principal, obtida pela

diferença entre o valor da prestação e o valor dos juros do período. Para isso, com o auxílio do programa Microsoft Excel, calcula-se o valor de cada parcela. Considerando-se os investimentos iniciais de cada tipo de unidade e o capital de giro estipulado, as parcelas anuais, o valor final pago e o valor de juros são mostrados na Tabela 4.10.

**Tabela 1.10:** Financiamento do valor de investimento inicial.

Tipo de Unidade	Valor Financiado (R\$)	Valor Parcela (R\$)	Valor Total Pago (R\$)	Juros Pagos (R\$)
Etanol	<b>682.060,00</b>	<b>101.647,05</b>	<b>1.016.470,53</b>	<b>334.410,53</b>
Álcool gel	<b>717.220,00</b>	<b>106.886,93</b>	<b>1.068.869,30</b>	<b>351.649,30</b>
Bebida destilada	<b>682.720,00</b>	<b>101.745,41</b>	<b>1.017.454,13</b>	<b>334.734,13</b>

## 5 Resultados

### 5.1 Definição do Cenário Base

Para a avaliação econômica do modelo de negócio estudado, considera-se como cenário base que são produzidos 20 % de etanol para consumo interno, 20 % de “Tchêchu” para venda e 60 % de álcool em gel para venda. A escolha por esse cenário se dá principalmente pelo fato de a demanda global atual de álcool em gel ter aumentado significativamente devido à pandemia do novo coronavírus (AGÊNCIA O GLOBO, 2020) e ao mercado ainda escasso para o “Tchêchu”. Além disso, não é considerado uma porcentagem do etanol para venda, pois o mercado está mais aquecido para o mercado de álcool gel e a margem do etanol para venda é muito baixa, portanto, considera-se somente etanol para consumo interno. O investimento inicial nos equipamentos considerado é de R\$ 400.000,00, considerando-se uma aproximação para os custos levantados na Tabela 4.1 e R\$ 160.000,00 são utilizados para capital de giro. Considera-se que todo esse valor foi financiado a uma taxa de juros compostos de 8% a.a. (BRDE) com prazo de 10 anos e parcelas constantes. A taxa mínima de atratividade considerada é de 10% a.a. considerando-se o risco associado ao empreendimento e a previsão do aumento da taxa Selic (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2021).

O preço do etanol está estimado no valor de R\$ 2,054 (FECOMBUSTÍVES, 2021) por litro para o produtor, o do álcool em gel de R\$ 5,50 por litro e do Tchêchu de R\$ 9,00 por litro. Para cálculo do consumo interno de etanol, utiliza-se o preço ao consumidor, que é em torno de R\$ 4,19 considerando-se a média dos últimos 12 meses no RS (ANP, 2021). Considera-se que a produção é de 20 dias no mês, portanto, se 60% do tempo a produção é de álcool gel, em 12 dias no mês são produzidos álcool em gel, bem como se 20% é para Tchêchu e etanol, 4 dias são destinados a cada produto.

O custo diário de logística e com assistência técnica foi fixado em R\$ 100,00 e R\$ 150,00 respectivamente. Portanto, os custos totais diários para produção de etanol, álcool em gel e Tchêchu são respectivamente R\$ 3.259,24, R\$ 4.067,54 e R\$ 3.372,94.

A depreciação é calculada com base no valor do investimento inicial nos equipamentos, R\$ 400.000,00, sendo depreciados linearmente à uma taxa de 10% a.a., o que resulta em R\$ 40.000,00 ao ano por 10 anos.

O fluxo de caixa inicia-se, portanto, com R\$ -400.000,00 no ano zero. A receita anual é de R\$ 1.789.296,00, representada por R\$ 1.062.864,00 de álcool gel e R\$ 525.312,00 de Tchêchu e R\$ 201.120,00 de etanol para consumo interno. O custo de manutenção considerado é de

1% do investimento inicial, acrescidos de 1% a cada ano, representando R\$ 4.000,00 no primeiro ano, adicionando-se R\$ 4.000,00 a cada ano ao valor gasto no ano anterior. O pagamento do financiamento é de acordo com o sistema de parcelas e amortização constantes. O valor total financiado é R\$ 560.000,00, portanto, a cada ano paga-se R\$ 83.456,51.

Calculando-se então o VPL, a TIR e o Payback descontado para o cenário base, obtém-se os respectivos valores: R\$ 938.286,37, 55,84 % e 1,997 anos.

O fluxo de caixa para o cenário base encontra-se no apêndice A.1.

## 5.2 Investimento Inicial

Neste subcapítulo é analisada a influência do investimento inicial na viabilidade do projeto para o produtor rural. Um estudo realizado por Fabrício (2011) analisou valores dos equipamentos para a montagem de uma pequena unidade de processamento de álcool e alcançou um valor de R\$ 210.018,80 (duzentos e dez mil e dezoito reais e oitenta centavos). Além disso, estudos do GIMSCOP (BORGES, 2020) sugerem a produção de unidades em série, o que possibilita a diminuição do custo da unidade. Dessa forma, foram analisados os custos de R\$ 200.000,00 a R\$ 600.000,00 de R\$ 100.000,00 em R\$ 100.000,00. Na Tabela 5.1 são apresentados os resultados.

**Tabela 5.1:** Viabilidade econômica com a variação do investimento inicial

Investimento Inicial	VPL	TIR	Payback
R\$ 200.000,00	R\$ 1.379.502,53	131,47%	0,83
R\$ 300.000,00	R\$ 1.158.894,45	81,46%	1,36
R\$ 400.000,00	R\$ 938.286,37	55,84%	2,00
R\$ 500.000,00	R\$ 717.678,29	39,76%	2,82
R\$ 600.000,00	R\$ 497.070,21	28,30%	3,92

Percebe-se que, como esperado, quanto menor o investimento inicial, maior o VPL e a TIR e menor o payback, portanto mais viável o investimento. Realizando-se uma regressão linear, considerando-se o investimento inicial e o VPL, tem-se a seguinte equação:

$$VPL = -2,2061(Invest. Inicial) + 2 * 10^6 \quad R^2 = 1$$

Derivando-se a equação, tem-se o ganho, que representa quanta influência o investimento inicial tem na viabilidade do projeto. Resultando no valor de -2,2061, significando que a cada R\$ 1,00 a mais no investimento inicial, será reduzido aproximadamente R\$ 2,21 no VPL.

Considerando-se a TIR e o Payback é necessário realizar uma linearização para obter-se a derivada constante e poder compará-los. Realizando-se a regressão linear com o logaritmo natural da TIR e do Payback, obtém-se o valor de  $-4 \times 10^{-6}$  e  $4 \times 10^{-6}$ , respectivamente.

## 5.3 Linhas de Incentivo

O etanol, além de possuir um grande mercado no Brasil e especificamente no RS, onde a importação desse produto chega a 98% do consumo, tem um grande valor ambiental ao apresentar-se como uma alternativa ao combustível fóssil. Segundo pesquisa da Empresa de Pesquisas Energéticas (2021), o uso de biocombustíveis pode ocasionar melhora na saúde das

pessoas e prevenção de mortes por problemas respiratórios. Além disso, a Braskem, demonstrando seu compromisso com a adoção de princípios ESG, aumenta sua capacidade de produção de plástico verde a partir de 2022 (GZH, 2021), sendo que os fornecedores devem atender aos seus princípios de desenvolvimento sustentável. Tendo em vista esses fatores, a busca por alternativas que aumentem a atratividade do etanol é muito relevante para este trabalho.

Esta seção avalia a influência das linhas de incentivo na viabilidade econômica de produção de etanol pelas biorrefinarias nas unidades modulares. São estudados os incentivos governamentais financeiros e fiscais à produção de biocombustíveis, sendo eles o programa Pro Etanol RS, o Pronaf Bioeconomia e a criação dos créditos de descarbonização (CBIOs).

O Pro Etanol RS define a redução do ICMS sobre o etanol de 30% para 15%, já o Pronaf Bioeconomia é uma linha de financiamento do BNDES que apresenta taxa de juros de 2,75% a.a. e prazo de 10 anos com carência de até 5 anos e o CBIO é um ativo financeiro negociado na bolsa de valores, que pode ser uma fonte de renda extra para os produtores de biocombustíveis. Dessa forma, é analisado o impacto de cada um dos incentivos na viabilidade da venda de etanol.

### 5.3.1 *Pro-Etanol*

Utilizando-se o teste de hipóteses do Microsoft Excel para encontrar o valor máximo viável, que zere o VPL, de produção de etanol para venda e considerando-se o cenário base, pode ser produzido até 18,7 % para venda, considerando-se que o restante da produção é distribuído na proporção de 3 de álcool gel para 1 quantidade de Tchêchu. Para o caso do Pró-Etanol, a tributação total do etanol vai de 32,28 % para 17,28 % e a produção máxima para venda de etanol é de 20,5%, representando um aumento de 1,8 pontos percentuais.

### 5.3.2 *Venda Direta*

Atualmente, a legislação brasileira define três papéis na cadeia de combustíveis, regulamentados pela ANP: o produtor (de etanol, diesel e gasolina), as distribuidoras e a revenda, que são os postos. A venda direta significa que o produtor poderia vender diretamente para os postos de combustíveis, sem passar pelo distribuidor. No modelo vigente, amostras são coletadas nos postos e analisadas pelo programa de monitoramento de combustíveis, e o produtor e o distribuidor emitem laudos da qualidade do produto. Na venda direta, a garantia da qualidade deve ser dada pelo produtor e também deve ser assegurada nos postos de revenda (UOL ECONOMIA, 2020). O Projeto de Decreto Legislativo (PDC) 978/18, apresentado pelo senador Otto Alencar (PSD-BA), possibilitaria o aumento do preço por parte do produtor (CAMARA DOS DEPUTADOS, 2018). O produtor de etanol, utilizando um CNPJ de agente de comercialização, teria a opção de venda direta para os postos. Esse é um dos modelos que vem sendo estudado pela ANP (UOL ECONOMIA, 2020). Aumenta-se então o preço de venda do etanol de R\$ 2,054 para R\$ 2,38 (FECOMBUSTÍVES, 2021) para análise. Esse fato resulta na viabilidade de até 20,0 % da produção ser voltada ao etanol para venda, o que representa um aumento de 1,3 pontos percentuais se comparado ao cenário base.

### 5.3.3 *Pronaf Bioeconomia*

O Pronaf Bioeconomia é um financiamento provido pelo BNDES que oferece empréstimo a uma taxa de até 2,75% a.a. para produtores rurais que enfoquem seus investimentos na área da bioeconomia. Apesar de o valor de financiamento ser R\$ 165.000,00 por ano agrícola,

considera-se que o investimento é conjunto, ou seja, mais de um produtor rural investiria na compra da mesma unidade modular. Portanto, já se consegue financiar o valor total do investimento inicial com 4 produtores vizinhos. Com a taxa de 2,75% a.a. a porcentagem da produção destinada ao etanol para venda sobe para 20,9 %, significando um aumento de 2,2 pontos percentuais com relação ao cenário base.

#### 5.3.4 Venda de CBIOS

Cada crédito de descarbonização (CBIOS) representa 1 ton de CO<sub>2</sub> que deixa de ser emitida para a atmosfera. É um ativo negociado na bolsa de valores por aproximadamente R\$ 43,00 (NOVACANA, 2020). É considerado que cada 1000 L de etanol deixa de emitir 1,722 ton (EPE, 2006) de CO<sub>2</sub>. A venda de CBIOS resulta em um aumento da porcentagem da produção para venda de etanol para 19,5 %, o que representa um aumento de 0,8 ponto percentual em comparação com o cenário base.

Na Tabela 5.2 apresenta-se o aumento na viabilidade de produção de etanol para venda que cada um dos incentivos possibilita. Na terceira coluna, diminui-se a porcentagem final que é possibilitada pelo incentivo, da porcentagem que o cenário base viabiliza. Na quarta coluna, apresenta-se a diferença dividida pela viabilidade do cenário base.

**Tabela 5.2:** Viabilização da venda de etanol

Cenário	Viabilidade (%)	Dif. Cenário Base* (p.p.)	Aumento cenário base** (%)
Base	<b>18,7</b>	-	-
Pro Etanol	<b>20,5</b>	<b>1,8</b>	<b>9,9</b>
Venda Direta	<b>20,0</b>	<b>1,3</b>	<b>6,9</b>
Pronaf Bioeconomia	<b>20,9</b>	<b>2,2</b>	<b>12,2</b>
Venda CBIOS	<b>19,5</b>	<b>0,8</b>	<b>4,6</b>

\*diminui-se o valor de viabilidade do cenário base do cenário com incentivo

\*\*utiliza-se o valor encontrado na terceira coluna e divide-se pelo valor da viabilidade do cenário base

Percebe-se que o incentivo que mais viabiliza a produção de etanol hidratado para venda é o financiamento pelo Pronaf Bioeconomia, possibilitando o aumento de 12,2 % na porcentagem de produção de etanol para venda.

## 5.4 Alteração do Mercado Consumidor

Neste subcapítulo é analisada a alteração do mercado consumidor, alterando-se a porcentagem e o preço de cada um dos produtos e observando-se a viabilidade.

### 5.4.1 Segmentação/distribuição do mercado

A análise da segmentação do mercado é feita modificando-se a porcentagem de produção de cada produto.

#### Aumento do Consumo de Etanol

Em 2021, a Braskem anuncia o investimento de US\$ 61 milhões no Rio Grande do Sul (GZH, 2021), sendo destinados à unidade produtora de “eteno verde”, que é produzido a partir do

etanol. A expectativa é adicionar à produção 60 mil toneladas por ano de eteno verde, o que está em linha com a meta de obter redução de 15% nas emissões de GEE até 2030 e alcançar neutralidade de carbono até 2050.

Dessa forma, o mercado de etanol que já é o mais consolidado dentre os dos 3 produtos estudados, torna-se ainda mais promissor. Portanto, estuda-se o impacto do aumento da porcentagem de produção de etanol na viabilidade do projeto.

Na Tabela 5.3 aparecem valores de VPL, TIR e Payback descontado, conforme as porcentagens de produção de etanol para venda. Variando-se de 0 a 16 %, o projeto apresentou-se sempre viável, porém, acima de 19 %, o projeto não atinge a taxa mínima de atratividade de 10 % estipulada como base de cálculo, sendo, portanto, considerado não atrativo economicamente.

**Tabela 5.3:** Viabilidade econômica com a variação da porcentagem da produção de etanol para venda

%etanol	VPL	TIR	Payback
0	R\$ 938.286,37	55,84%	2,0
4	R\$ 737.198,81	47,07%	2,4
8	R\$ 536.111,25	38,02%	2,9
12	R\$ 335.023,69	28,48%	3,9
16	R\$ 133.936,13	18,01%	5,9
20	-R\$ 67.151,44	5,39%	11,8

Observa-se que quanto maior a porcentagem da produção de etanol para venda, menor o VPL, a TIR e maior o Payback. Esse fato é explicado pelos demais produtos apresentarem maior margem de lucro e, portanto, ao aumentar a porcentagem de etanol, diminui-se a porcentagem dos demais produtos. Realizando-se uma regressão linear com os pontos de VPL, obtém-se a seguinte função:

$$VPL = -50.272(\% \text{ etanol}) + 938.286 \quad R^2 = 1$$

Derivando-se a equação, tem-se o ganho, que representa quanta influência o investimento inicial tem na viabilidade do projeto. Resultando no valor de -50.272, significando que a cada 1 % a mais na porcentagem de etanol, será reduzido aproximadamente R\$ 50.272,00 no VPL.

Considerando-se a TIR e o Payback é necessário realizar uma linearização para obter-se a derivada constante e poder compará-los. Realizando-se a regressão linear com o logaritmo natural da TIR e do Payback e derivando as funções, obtém-se os valores de -0,1061 e 0,0848, respectivamente.

#### Aumento do Consumo de Tchêchu

Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde do IBGE, o consumo de álcool cresce entre brasileiros em 2019. A porcentagem da população adulta que afirma ter bebido semanalmente em 2019 é de 26,4 %, o que representa um aumento de 2,5 % com relação a porcentagem de 2013 (23,9 %). É um aumento impulsionado principalmente pelo público feminino, considerando que 17 % das mulheres adultas afirmaram ter bebido uma vez ou mais por semana em 2019, em comparação a 12,9 % de 2013, totalizando uma diferença de 4,1 pontos percentuais. Esse fato representa uma oportunidade para o aumento do mercado consumidor do Tchêchu, visto que o Tchêchu pode ser utilizado em coquetéis, bebidas

geralmente preferidas pelas mulheres. Portanto, também se considera interessante a análise do aumento da porcentagem de produção de Tchêchu para venda.

São apresentados os resultados de VPL, TIR e Payback para os valores de 0 a 50 % de produção de Tchêchu na Tabela 5.4. Percebe-se que quanto maior a porcentagem de produção de Tchêchu, maior o VPL, a TIR e menor o Payback. Esse fato é representado pela margem de lucro superior deste produto com relação à dos demais.

**Tabela 5.4:** Viabilidade econômica com a variação da porcentagem da produção de Tchêchu

%Tchêchu	VPL	TIR	Payback
0	R\$ 598.802,92	40,88%	2,7
10	R\$ 768.544,64	48,45%	2,3
20	R\$ 938.286,37	55,84%	2,0
30	R\$ 1.108.028,09	63,09%	1,8
40	R\$ 1.277.769,82	70,27%	1,6
50	R\$ 1.447.511,54	77,38%	1,4

Realizando-se uma regressão linear com os pontos de VPL, obtém-se a seguinte equação:

$$VPL = 16.974(\%Tchêchu) + 598.803 \quad R^2 = 1$$

Derivando-se a equação, tem-se o ganho, que representa quanta influência a porcentagem de Tchêchu tem na viabilidade do projeto. Deriva-se a equação, que resulta no valor de 16.974, significando que a cada 1 % a mais na porcentagem de Tchêchu, será aumentado aproximadamente R\$ 16.974 no VPL.

Considerando-se a TIR e o Payback é necessário realizar uma linearização para obter-se a derivada constante e poder compará-los. Realizando-se a regressão linear com o logaritmo natural da TIR e do Payback e derivando as funções, obtém-se os valores de  $1,27 \times 10^{-2}$  e  $-1,28 \times 10^{-2}$ , respectivamente.

#### 5.4.2 Preço do produto

##### Alteração do Preço do Álcool em Gel

A análise da alteração do preço do álcool em gel é interessante devido à sua recente flutuação em razão da pandemia do novo coronavírus. Observa-se então os resultados obtidos com a variação do preço desde R\$ 4,00 até R\$ 6,50 por litro, apresentados na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5:** Viabilidade econômica com a variação do preço do álcool gel por L

Preço Álcool Gel (/L)	VPL	TIR	Payback
R\$ 4,00	-R\$ 314.031,73	<0	-
R\$ 4,50	R\$ 103.407,64	16,28%	6,4
R\$ 5,00	R\$ 520.847,00	37,32%	3,0
R\$ 5,50	R\$ 938.286,37	55,84%	2,0
R\$ 6,00	R\$ 1.355.725,73	73,54%	1,5
R\$ 6,50	R\$ 1.773.165,10	90,92%	1,2

Percebe-se que quanto maior o preço do álcool gel, maior o VPL e a TIR e menor o Payback. Realizando-se uma regressão linear com os pontos de VPL, obtém-se a seguinte equação:

$$VPL = 834.879(\text{preço álcool gel}) - 4 * 10^6 \quad R^2 = 1$$

Fazendo-se a análise de sensibilidade, percebe-se que o preço do álcool gel tem grande influência na viabilidade do projeto. Derivando-se a equação, tem-se o valor de 834.879, que representa quanta influência o preço do álcool gel tem na viabilidade do projeto. Representa ainda que a cada R\$ 1,00 de aumento no preço do álcool gel, aumenta-se R\$ 834.879,00 no VPL. Esse fato ocorre principalmente pelo fato de a porcentagem de álcool gel no cenário base ser a maior dentre os três produtos.

Considerando-se a TIR e o Payback é necessário realizar uma linearização para obter-se a derivada constante e poder compará-los. Realizando-se a regressão linear com o logaritmo natural da TIR e do Payback e derivando as funções, obtém-se os valores de 0,8237 e -0,8041, respectivamente.

### Alteração do Preço do Tchêchu

A alteração do preço do Tchêchu está atrelada também ao aumento do interesse pelo produto, bem como o aumento da porcentagem de produção do mesmo. São analisados resultados considerando-se preços de R\$ 7,00 a R\$ 12,00 por litro, que são apresentados na Tabela 5.6.

**Tabela 5.6:** Viabilidade econômica com a variação do preço do Tchêchu por litro

Preço Tchêchu(/L)	VPL	TIR	Payback
R\$ 7,00	R\$ 568.235,33	39,49%	2,8
R\$ 8,00	R\$ 753.260,85	47,78%	2,4
R\$ 9,00	R\$ 938.286,37	55,84%	2,0
R\$ 10,00	R\$ 1.123.311,89	63,74%	1,8
R\$ 11,00	R\$ 1.308.337,41	71,55%	1,6
R\$ 12,00	R\$ 1.493.362,93	79,30%	1,4

Ao aumentar-se o preço do Tchêchu, aumenta-se o VPL e a TIR e diminui-se o Payback. Fazendo-se a regressão linear dos pontos apresentados, tem-se a seguinte equação:

$$VPL = 185.026(\text{preço Tchêchu}) - 726.943 \quad R^2 = 1$$

A derivada da equação é 185.026 e representa a influência que o preço do Tchêchu tem sobre a viabilidade econômica do projeto. Percebe-se que ao aumentar-se o preço do Tchêchu em R\$ 1,00, aumenta-se o VPL em R\$ 185.026,00.

Considerando-se a TIR e o Payback é necessário realizar uma linearização para obter-se a derivada constante e poder compará-los. Realizando-se a regressão linear com o logaritmo natural da TIR e do Payback e derivando as funções, obtém-se os valores de 0,1380 e -0,1398, respectivamente.

### **5.5 Alteração dos Custos de Logística**

A alteração dos custos de logística é analisada principalmente para verificar a possibilidade de aumento de preços pelo lado da empresa central, que presta os serviços para o produtor.

São considerados valores de R\$ 50,00 a R\$ 250,00 diários de custo com logística e apresentados os resultados na Tabela 5.7.

**Tabela 5.7:** Viabilidade econômica com a variação do custo de logística

Custo Logística		VPL	TIR	Payback
R\$	50,00	R\$ 997.274,21	58,37%	1,9
R\$	100,00	R\$ 938.286,37	55,84%	2,0
R\$	150,00	R\$ 879.298,52	53,29%	2,1
R\$	200,00	R\$ 820.310,68	50,72%	2,2
R\$	250,00	R\$ 761.322,84	48,13%	2,3

A regressão com dados de VPL resulta na seguinte equação:

$$VPL = -1.179,8(\text{custo logística}) + 1 * 10^6 \quad R^2 = 1$$

Derivando-se a equação, chega-se ao valor de -1.179,8, que representa a influência do custo com logística na viabilidade do projeto. Ao aumentar-se R\$ 1,00 nos custos com logística, diminui-se o VPL em R\$ 1.179,80.

Considerando-se a TIR e o Payback é necessário realizar uma linearização para obter-se a derivada constante e poder compará-los. Realizando-se a regressão linear com o logaritmo natural da TIR e do Payback e derivando as funções, obtém-se os valores de -0,001 e 0,001, respectivamente.

## 5.6 Alteração dos custos de suporte técnico

Bem como a análise da alteração dos custos com logística, a da alteração dos custos de suporte técnico serve para verificar a influência do aumento do preço pela empresa central na viabilidade do projeto para o produtor rural. São apresentados os resultados na Tabela 5.8.

**Tabela 5.8:** Viabilidade econômica com a variação do custo de suporte técnico

Custo Suporte Técnico		VPL	TIR	Payback
R\$	50,00	R\$ 1.085.755,98	62,15%	1,8
R\$	100,00	R\$ 1.012.021,17	59,00%	1,9
R\$	150,00	R\$ 938.286,37	55,84%	2,0
R\$	200,00	R\$ 864.551,56	52,65%	2,1
R\$	250,00	R\$ 790.816,76	49,43%	2,3

Quanto maior o valor de custo, menor o VPL e a TIR e maior o Payback. A regressão dos pontos apresentados resulta na seguinte equação:

$$VPL = -1.474,7(\text{custo suporte}) + 1 * 10^6 \quad e \quad R^2=1$$

Derivando-se a equação, tem-se o valor de -1.474,7 representando que a cada R\$ 1,00 adicionado ao custo com assistência técnica, diminui-se em R\$ 1.474,70 o VPL. Para a TIR e o Payback, é realizada uma linearização e a regressão com os resultados. Derivando-se as funções, obtém-se os valores de -0,0011 e 0,0012.

No apêndice A.3 estão demonstradas as curvas de TIR e Payback da análise de sensibilidade de todos os parâmetros.

## 5.7 Matriz de Ganhos

A matriz de ganhos é composta pela derivada da equação resultante da regressão feita a partir dos resultados de VPL, TIR e Payback e suas respectivas perturbações. A matriz tem o objetivo de facilitar a comparação entre a influência dos parâmetros e é apresentada abaixo.

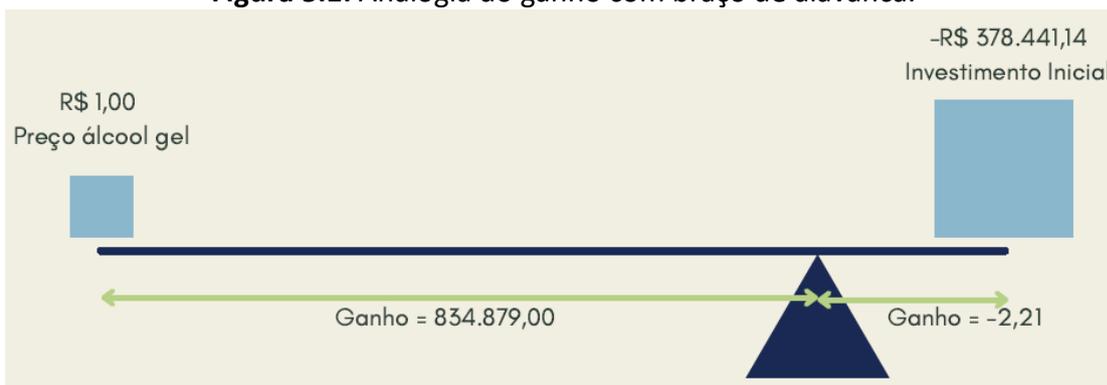
Matriz de Ganhos			
Alteração	VPL	TIR	Payback
Investimento Inicial	-2,2061	-0,000004	0,000004
Custo Suporte	-1.474,7	-0,0011	0,0012
Custo Logística	-1.179,8	-0,001	0,001
Preço Álcool Gel	834.879	0,3374	-0,8041
Preço Tchêchu	185.026	0,0821	-0,1398
%Tchêchu	16.974	0,0093	-0,0128
%etanol	-50.272	-0,0235	0,0848

Os valores de ganho negativos são prejudiciais para viabilidade econômica, pois ao se aumentar o parâmetro analisado, diminui-se o resultado obtido. Já quanto maior o valor do ganho, melhor será para o sucesso econômico. Desta forma, o preço do álcool gel, o preço do Tchêchu e a porcentagem de Tchêchu são parâmetros que, se aumentados, aumentam o VPL e a TIR e diminuem o Payback, o que significa que favorecem a viabilidade do projeto. Os demais parâmetros, se aumentados, diminuem o VPL e a TIR e aumentam o Payback, significando que desfavorecem a viabilidade do projeto.

O parâmetro que apresenta maior influência sobre a viabilidade do projeto é o preço do álcool gel, seguido pelo preço do Tchêchu e pela porcentagem de etanol.

O ganho também pode ser comparado a um braço de alavanca, através do qual o parâmetro causará um impacto no resultado. Portanto, quanto maior o ganho, maior será o impacto gerado na viabilidade, considerando-se uma menor perturbação. Por exemplo, no caso do investimento inicial e o preço do álcool gel, para que o impacto do aumento do preço do álcool gel em R\$ 1,00 se equivalha a um impacto da redução do investimento inicial, o investimento inicial deverá ser reduzido em R\$ 378.441,14, considerando-se que o ganho do preço do álcool gel é de 834.879,00 e o do investimento inicial é de -2,21. É importante para avaliar quais parâmetros devem ser priorizados na análise por impactarem mais no resultado econômico.

**Figura 5.1:** Analogia do ganho com braço de alavanca.



## 6 Conclusões e Trabalhos Futuros

O modelo descentralizado de produção de etanol e seus derivados no estado do RS a partir de batata-doce se apresenta viável economicamente, considerando-se os cenários avaliados neste trabalho. Dos 39 pontos analisados, apresentaram-se somente 2 pontos com inviabilidade, sendo eles o preço do litro de álcool gel com valor de R\$ 4,00 e a porcentagem de produção de etanol para venda sendo 20 %.

É importante ressaltar que a porcentagem de etanol para venda para que o projeto seja viável deve ser de até 18,7 % no cenário base. Portanto, o etanol não se apresenta como um produto muito lucrativo, principalmente pelo fato de a margem ser menor por competir com usinas de maior escala e com o preço da gasolina.

Com relação à influência dos incentivos governamentais e fontes de financiamento na viabilidade do modelo de negócio estudado, a maior é do Pronaf Bioeconomia, seguido do Pró Etanol, que representam um crescimento de 12,2 % e 9,9 % sobre a porcentagem de etanol para venda.

O produto que se mostra mais viável economicamente para o negócio é a bebida destilada, seguida pelo álcool gel e, por último o etanol. Apesar disso, considerando-se os mercados atuais de cada um dos produtos, percebe-se que o do etanol é o maior e mais consolidado, o do álcool gel está em uma fase de alta pela pandemia do novo coronavírus e o do Tchêchu ainda é pequeno devido a ser uma novidade, porém com um grande potencial de crescimento. Tendo em vista esses dois fatores, o cenário base é composto de 20 % de produção de etanol para consumo interno, 60 % de produção de álcool gel para venda e 20 % de bebida destilada para venda.

O parâmetro que mais apresenta influência na viabilidade do projeto, considerando-se o cenário base, é o preço do álcool em gel, seguido pelo preço do Tchêchu e a porcentagem de etanol para venda. Os cenários que apresentam tanto a maior quanto a menor viabilidade (ou inviabilidade) dos considerados são representados pela variação do preço do álcool em gel. Esse fato é explicado pela matriz de ganhos, que apresenta os parâmetros que possuem maior influência sobre a viabilidade econômica. O mais viável, com maior preço de álcool gel possui VPL de R\$ 1.620.910,92, TIR de 84,6% e Payback descontado de 1,3 anos.

Os parâmetros de custo com assistência técnica e com logística estão diretamente associados à viabilidade econômica da empresa central. Portanto, para trabalhos futuros, é importante ainda estudar a viabilidade econômica da empresa central, certificando-se de que é possível a mesma atender às exigibilidades propostas neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA O GLOBO. **Demanda nacional por álcool em gel cresceu 1.700% este ano.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2020/03/demanda-nacional-por-alcool-em-gel-cresceu-1700-este-ano.html>. Acesso em: 27 mar. 2021.
- ALVES, J. N. et al. Caracterização do perfil logístico de escoamento de grãos de uma cidade no interior do Rio Grande do Sul. **Revista Univap**, São José dos Campos, 2012.
- ANP, Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **RenovaBio.** [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/renovabio>. Acesso em: 27 mar. 2021.
- ANP, Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. **Série Histórica de Preços de Combustíveis.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/serie-historica-de-precos-de-combustiveis>. Acesso em: 18 abr. 2021.
- ANTT. **RESOLUÇÃO Nº 5.923, DE 18 DE JANEIRO DE 2021.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-5.923-de-18-de-janeiro-de-2021-299561209>. Acesso em: 11 abr. 2021.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Distribuições de Frequência - Expectativas de Mercado.** [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: [https://www4.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/focus/DISTFREQ/P20210405-Distribuições de Frequência das Expectativas de Mercado para IPCA Selic PIB Câmbio.pdf](https://www4.bcb.gov.br/pec/GCI/PORT/focus/DISTFREQ/P20210405-Distribuições%20de%20Frequência%20das%20Expectativas%20de%20Mercado%20para%20IPCA%20Selic%20PIB%20Câmbio.pdf).
- BIOFABRIK. **BIOFABRIK.** [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://biofabrik.com/>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- BIOGREEN. **Mobile Containerised Pyrolysis Unit.** [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <http://www.biogreen-energy.com/containerised-plant-module/>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- BNDES. **Pronaf Bioeconomia.** [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf-bioeconomia>
- BORGES, Maicon Roldão. **Projeto Conceitual de uma Unidade Modular de Biorrefinaria de Etanol Descentralizada.** 2020. - UFRGS, [s. l.], 2020.
- BORGES, F. C. **Proposta de Um Modelo Conceitual de Biorrefinaria Com Estrutura Descentralizada.** [S. l.: s. n.], 2010.

BRASIL. **Decreto nº 8.950, de 29 de dezembro de 2016**BRASIL: [s. n.], 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10254.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Decreto/D10254.htm)

BRASIL. Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira. [s. l.], 21 jan. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>

BRDE. **Simulador BRDE**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.brde.com.br/simulador/>. Acesso em: 27 abr. 2021.

CAMARA DOS DEPUTADOS. **PDC 978/2018**BRASIL: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/2179879>

CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil**. Brasília: [s. n.], 2009.

CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Oportunidades e Desafios da Bioeconomia - Perspectivas da Bioeconomia Brasileira com Base em Inovações Tecnológicas e de Mercado**. Brasília: [s. n.], 2020. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/6917123/CGEE\\_Per\\_Bio\\_Bra\\_Bas\\_Ino\\_Tec\\_Me r.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_Per_Bio_Bra_Bas_Ino_Tec_Me r.pdf).

COLLAZIOL, A. **Transporte Hidroviário no RS**. 2003. - UERGS, [s. l.], 2003.

COSTA, M.R. **Estudo comparativo das hidrólises ácida e enzimática de matérias-primas amiláceas visando a obtenção de etanol**. 2010. - Universidade Federal de Alagoas, [s. l.], 2010.

DAER-RS. **Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: [http://www.daer.rs.gov.br/site/sistema\\_rodoviario\\_rodovias.php](http://www.daer.rs.gov.br/site/sistema_rodoviario_rodovias.php).

ECHER, Fábio Rafael; CRESTE, José Eduardo; TORRE, Elio Jesus de la. **Nutrição e adubação da batata-doce**. [S. l.: s. n.], 2015.

EMBRAPA. Batatas-doce em exposição no Show Rural Coopavel 2017. [s. l.], 30 jan. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/20313775/batatas-doce-em-exposicao-no-show-rural-coopavel-2017>

EMBRAPA. **Sistemas de Produção**. [S. l.], 2008. Disponível em: [https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas/composicao\\_uso.html#:~:text=A batata-doce é um,componente principal é o amido](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/composicao_uso.html#:~:text=A batata-doce é um,componente principal é o amido). Acesso em: 28 mar. 2021.

EPE. **Impacto na saúde humana pelo uso de biocombustíveis na Região Metropolitana de**

**São Paulo.** [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-570/NT-EPE-DPG-SDB-2020-01\\_NT\\_Impacto\\_saude\\_uso\\_bios.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-570/NT-EPE-DPG-SDB-2020-01_NT_Impacto_saude_uso_bios.pdf).

**EPE. POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> EM PROJETOS DE PRODUÇÃO E USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS.** [S. l.: s. n.], 2006. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-304/EPE - 2º Biocombustíveis x MDL\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-250/topico-304/EPE - 2º Biocombustíveis x MDL[1].pdf).

**FEBRABAN. Mensurando recursos financeiros alocados na Economia Verde.** São Paulo: [s. n.], 2019. Disponível em: [https://cmsportal.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/L09\\_EconomiaVerde2019\\_FE BRABAN\\_190820.pdf](https://cmsportal.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/L09_EconomiaVerde2019_FE BRABAN_190820.pdf).

**FECOMBUSTÍVEIS. Tributação dos Combustíveis por Estado.** [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.fecombustiveis.org.br/tributacao>. Acesso em: 11 abr. 2021.

**FINEP. Chamadas Públicas - Tecnologias 4.0.** [S. l.], 2020. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/chamadas-publicas/chamadapublica/643>. Acesso em: 21 abr. 2021.

**FRESHBOOKS. Markup Calculator for Small Businesses.** [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.freshbooks.com/tools/markup-calculator#:~:text=While there is no set,of the good or service.&text=Simply take the sales price,number by the unit cost>. Acesso em: 2 maio 2021.

**GFL. How ESG investment can drive a post-COVID-19 recovery in Latin America.** [s. l.], 9 fev. 2020. Disponível em: <https://www.greenfinancelac.org/resources/news/how-esg-investment-can-drive-a-post-covid-19-recovery-in-latin-america/>

**GREEN RIO.** Direção: Maria Beatriz Martins Costa. Rio de Janeiro, Brasil: Green Rio, 2020. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=8Zaq-tLts\\_8&t=7058s](https://www.youtube.com/watch?v=8Zaq-tLts_8&t=7058s)

**GZH. Dona do polo petroquímico vai investir R\$ 322 milhões no RS.** Porto Alegre, 22 fev. 2021. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/colunistas/marta-sfredo/noticia/2021/02/dona-do-polo-petroquimico-vai-investir-r-322-milhoes-no-rs-cklh59z5a00d6019m0h497ht5.html>

**IBGE. Censo Agro 2017.** [S. l.], 2017. Disponível em: [https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo\\_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html?localidade=43](https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html?localidade=43). Acesso em: 10 abr. 2021.

**IBGE. Culturas Temporárias e Permanentes.** [S. l.], 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 28 mar. 2021.

JÚNIOR, A. G. R. Análise da viabilidade econômica da produção de bio-etanol em

microdestilarias. *In:* , 2009, Fortaleza. **XVI Congresso Brasileiro de Custos**. Fortaleza: [s. n.], 2009.

KAMPF, G. Efficacy of ethanol against viruses in hand disinfection. **Journal of Hospital Infection**, [s. l.], v. 98, n. 4, p. 331–338, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2017.08.025>

KHANNA, Tarun; PALEPU, Krishna G. The nature of institutional voids in emerging markets. *In:* HARVARD BUSINESS PRESS (org.). **Winning in Emerging Markets: A Road Map for Strategy and Execution**. Boston: Harvard Business Press, 2010. p. 13–26.

LOPES, A. C. **Produção de álcool de batata doce em função do meio fermentativo**. Guarapuava: [s. n.], 2013.

LUIZ, Bruno. **Panorama Geral do Programa RENOVABIO (Ano 2020)**. [S. l.], 2020. Disponível em: [https://public.tableau.com/profile/bruno.lui3146#!/vizhome/painelCBIO\\_v1\\_0\\_17/painel\\_c\\_bios\\_panorama\\_geral](https://public.tableau.com/profile/bruno.lui3146#!/vizhome/painelCBIO_v1_0_17/painel_c_bios_panorama_geral). Acesso em: 27 mar. 2021.

MASIERO, Sara Scomazzon. **Microusinas de Etanol de Batata-Doce: Viabilidade Econômica e Técnica**. 2012. - UFRGS, [s. l.], 2012.

NOVACANA. Distribuição das usinas de etanol no Brasil. [s. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://www.novacana.com/usina/distribuicao-usinas-etanol-brasil>

NOVACANA. Preço do CBio volta a cair e título é negociado, em média, por R\$ 43,73 em novembro. [s. l.], 1 dez. 2020. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/industria/financeiro/preco-cbio-volta-cair-titulo-negociado-media-r-43-73-novembro-011220>

OLIVEIRA, Taís Klein Rodrigues de. **Desenvolvimento de um Sistema Móvel para Agregação de Valor em Resíduos Sólidos**. Porto Alegre: [s. n.], 2020.

ORTEGA, Enrique; WATANABE, Marcos; CAVALETT, Otavio. **A PRODUÇÃO DE ETANOL EM MICRO E MINI-DESTILARIAS**. 2006. - Unicamp, [s. l.], 2006.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. **Business Model Generation**. Hoboken: John Wiley & Sons Inc, 2010.

PLÖGER, Ingo. América Latina, pós pandemia entre o Desenvolvimento Sustentado e a ESG. **Green Latin America - Green Rio**, [s. l.], 2021. Disponível em: <http://www.greenrio.com.br/index.php/america-latina-pos-pandemia/>

PRADHAN, Swapna. **Retailing Management**. [S. l.]: Tata McGraw-Hil, 2007.

RIO GRANDE DO SUL. **DECRETO Nº 37.699, DE 26 DE AGOSTO DE 1997 (REGULAMENTO DO ICMS)BRASIL**: [s. n.], 2021. Disponível em: <http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=109362&inpCodDispositivo=3482586>

RIO GRANDE DO SUL. Leite encaminha à Assembleia projeto de lei que institui o Pró-Etanol. [s. l.], 14 dez. 2020. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/leite-encaminha-a-assembly-projeto-de-lei-que-institui-o-pro-etanol>

RISSO, R. D. S. **Etanol de batata-doce: Otimização do pré-processamento da matéria-prima e da hidrólise enzimática**. 2014. - UFRGS, [s. l.], 2014.

SCHWEINBERGER, CRISTIANE M.; TRIERWEILER, JORGE O.; TRIERWEILER, Luciane F. A simple equation for Total Reducing Sugars (TRS) estimation on sweet potato and ethanol yield potential. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 33–41, 2019.

SCHWEINBERGER, Cristiane Martins. **INOVAÇÃO E OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DE BATATA-DOCE**. 2016. - UFRGS, [s. l.], 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/143930>

SCIPIONI, G. C. **Otimização do processo de sacarificação do amido de batata (Solanum Tuberosum L.) utilizando enzimas amilolíticas**. 2011. - UFSM, [s. l.], 2011.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E GESTÃO. **Produção agropecuária e estrutura fundiária**. [s. l.], 2020. Disponível em: [https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/estrutura-da-producao-e-fundiaria#:~:text=o setor movimenta.-,A estrutura fundiária do Estado se diferencia de acordo com,tamanho menor de 10 ha. Acesso em: 10 abr. 2021.](https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/estrutura-da-producao-e-fundiaria#:~:text=o%20setor%20movimenta.-,A%20estrutura%20fundia%20ria%20do%20Estado%20se%20diferencia%20de%20acordo%20com,%20tamanho%20menor%20de%2010%20ha.&context=10482)

SEINFRA, S. D. I. E. L. **Plano Estadual de Logística de Transportes no Estado do Rio Grande do Sul – PELT-RS - 2012 - 2037**. Porto Alegre: [s. n.], 2012.

SILVA, G. H. D. **Processo em batelada e contínuo de material amiláceo para a produção de etanol**. Rio de Janeiro: [s. n.], 1980.

SILVA, L. F. L. **Viabilidade das culturas de Canola, Nabo forrageiro e batata-doce para a produção de biocombustíveis no sul de Minas Gerais**. 2013. - Universidade de Lavras, [s. l.], 2013.

SILVA, Martim Francisco de Oliveira; PEREIRA, Felipe dos Santos; MARTINS, José Vitor Bomtempo. A BIOECONOMIA BRASILEIRA EM NÚMEROS. **BNDES Setorial 47**, [s. l.], p. 277–332, 2018.

SILVEIRA, E. A. **A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para a produção de etanol**. [S. l.: s. n.], 2008.

SOUZA, A. F. B. C. **Avaliação do processo de hidrólise e fermentativo de biomassa de batata-doce por meio de células imobilizadas para a produção de etanol.** 2005. - UFT, [s. l.], 2005.

TAVARES, Alessandro. Projeto de estímulo ao etanol é assinado pelo Governo e entregue a Assembleia. **Diário da Manhã**, Porto Alegre, 14 dez. 2020. Disponível em: <https://diariodamanha.com/noticias/projeto-de-estimulo-ao-etanol-e-assinado-pelo-governo-e-entregue-a-assembleia/>

UOL ECONOMIA. **Venda direta de etanol, como quer Bolsonaro, é viável e fará preço cair?**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2020/07/07/venda-direta-etanol-posto-combustivel-bolsonaro.htm>. Acesso em: 7 maio 2021.

VEJA. A nova face dos negócios – O impacto do ESG no ambiente empresarial, no consumo e nas finanças. [s. l.], 19 abr. 2021. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/insights-list/a-nova-face-dos-negocios-o-impacto-do-esg-no-ambiente-empresarial-no-consumo-e-nas-financas/>

VIDAL, Maria de Fatima. **PRODUÇÃO E USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL. Caderno Setorial ETENE**, [s. l.], 2019.

WEBER, Caroline Trevisan *et al.* A circular economy model for ethanol and alcohol-based hand sanitizer from sweet potato waste in the context of COVID-19. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, [s. l.], v. 17, n. 03, 2020. Disponível em: <https://bjopm.emnuvens.com.br/bjopm/article/view/1025/941>

WEBER, Caroline Trevisan. **PRODUÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE DESTILADOS DE BATATA-DOCE.** 2017. - UFRGS, [s. l.], 2017.

WEBER, Caroline Trevisan; TRIERWEILER, Luciane Ferreira; TRIERWEILER, Jorge Otávio. Food waste biorefinery advocating circular economy: Bioethanol and distilled beverage from sweet potato. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 268, p. 121788, 2020. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121788>

WESCHENFELDER, S. C. **Aplicação do custeio baseado em atividades na determinação do custo de produção de etanol a partir do sorgo sacarino em pequena unidade de produção.** 2011. - UFSM, [s. l.], 2011.

YOU, F.; WANG, B. **Life cycle optimization of biomass-to-liquid supplychains with distributed—Centralized processing networks.** [S. l.]: Industrial & Engineering Chemistry Research, 2011.

YUE, D.; YOU, F.; SNYDER, S. W. **Biomass-to-bioenergy and biofuel supply chain optimization: Overview, key issues and challenges.** [S. l.]: Computers and Chemical

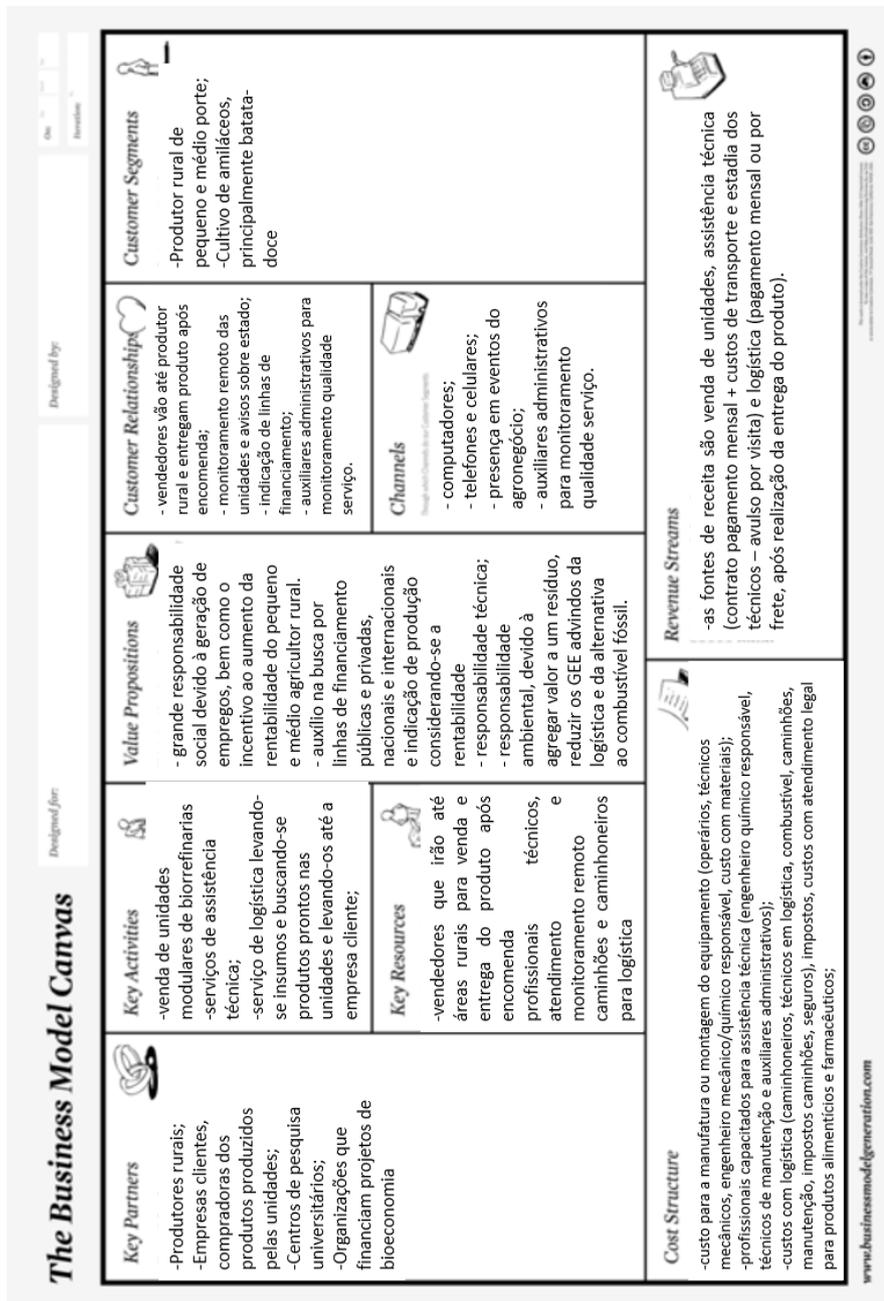
Engineering, 2014.

## APÊNDICE A

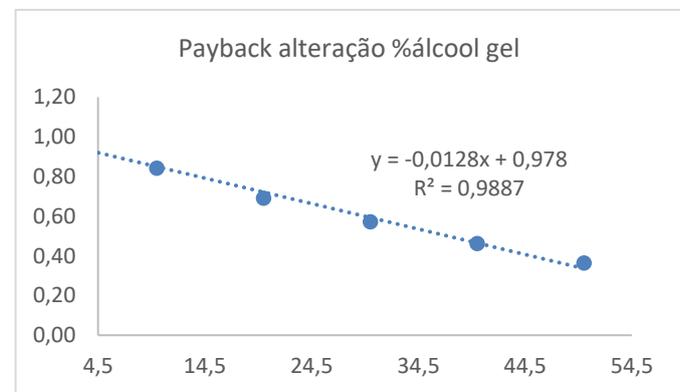
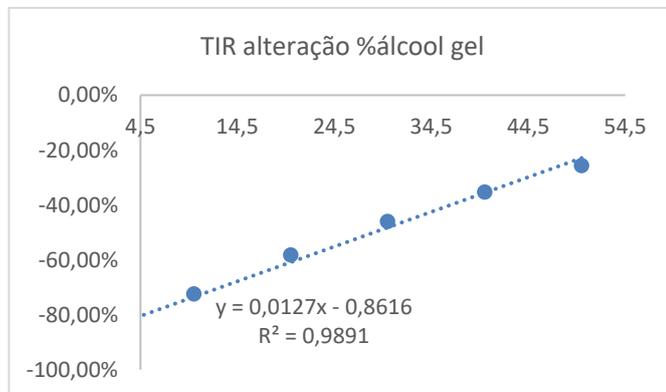
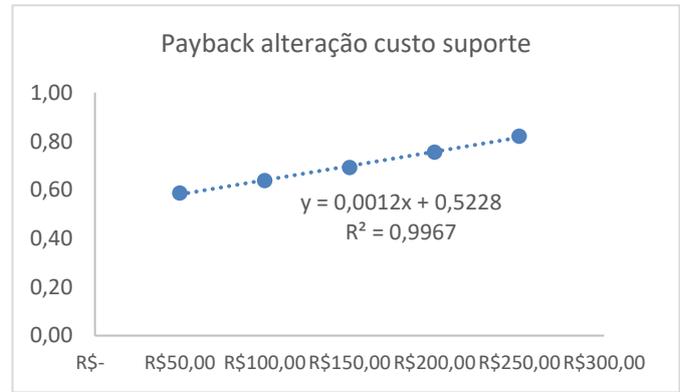
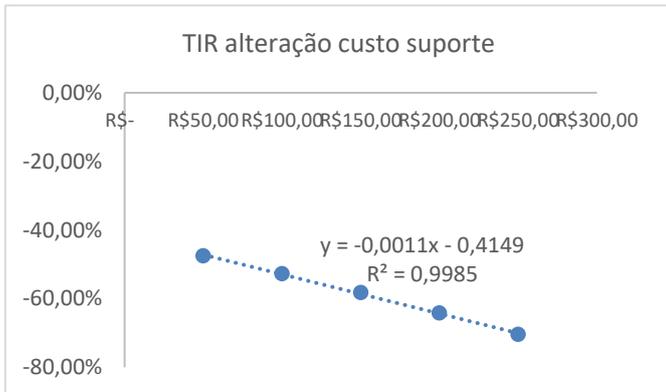
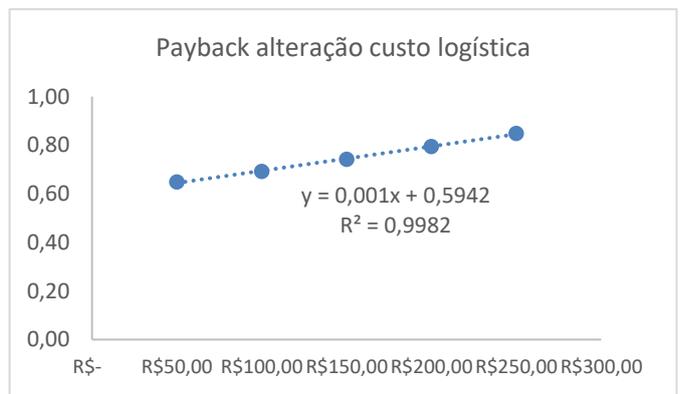
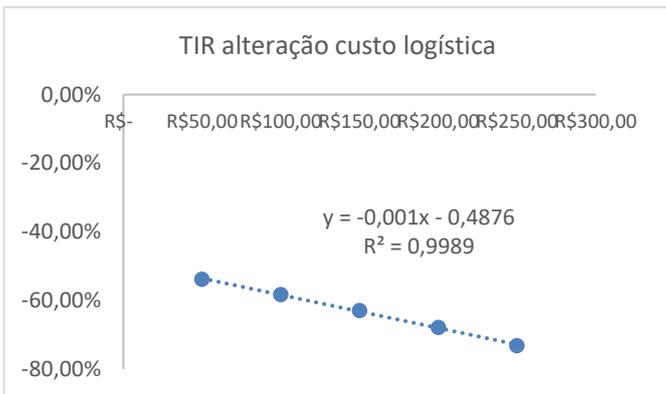
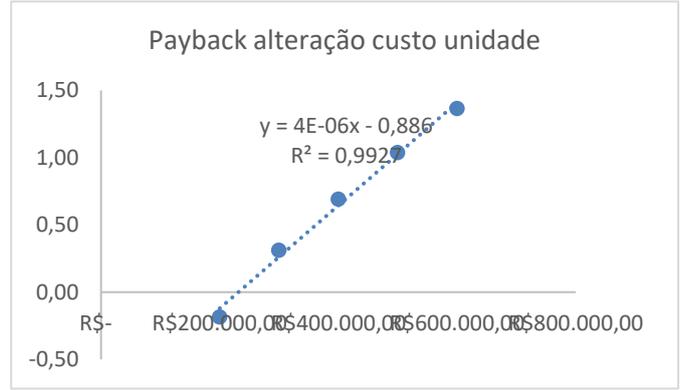
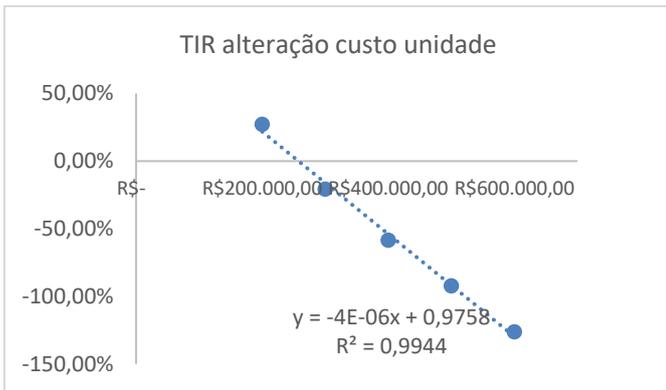
Ano	Investimento	Depreciação	Receita	Pagamento financiamento	Custo manutenção	Lucro líquido	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa acumulado	Fluxo de caixa descontado	Fluxo de caixa acumulado descontado
0	-R\$ 400.000,00						-R\$ 400.000,00	-R\$ 400.000,00	-R\$ 400.000,00	-R\$ 400.000,00
1		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 4.000,00	R\$ 232.701,79	R\$ 232.701,79	R\$ 167.298,21	R\$ 211.547,08	-R\$ 188.452,92
2		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 8.000,00	R\$ 228.701,79	R\$ 228.701,79	R\$ 61.403,57	R\$ 189.009,74	R\$ 556,82
3		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 12.000,00	R\$ 224.701,79	R\$ 224.701,79	R\$ 286.105,36	R\$ 168.821,78	R\$ 169.378,60
4		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 16.000,00	R\$ 220.701,79	R\$ 220.701,79	R\$ 506.807,14	R\$ 150.742,29	R\$ 320.120,88
5		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 20.000,00	R\$ 216.701,79	R\$ 216.701,79	R\$ 723.508,93	R\$ 134.554,76	R\$ 454.675,64
6		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 24.000,00	R\$ 212.701,79	R\$ 212.701,79	R\$ 936.210,71	R\$ 120.064,61	R\$ 574.740,26
7		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 28.000,00	R\$ 208.701,79	R\$ 208.701,79	R\$ 1.144.912,50	R\$ 107.097,02	R\$ 681.837,27
8		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 32.000,00	R\$ 204.701,79	R\$ 204.701,79	R\$ 1.349.614,28	R\$ 95.494,89	R\$ 777.332,17
9		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 36.000,00	R\$ 200.701,79	R\$ 200.701,79	R\$ 1.550.316,07	R\$ 85.117,15	R\$ 862.449,31
10		R\$ 40.000,00	R\$ 1.588.176,00	R\$ 83.456,51	R\$ 40.000,00	R\$ 196.701,79	R\$ 196.701,79	R\$ 1.747.017,86	R\$ 75.837,05	R\$ 938.286,37
10							R\$ -	R\$ 1.747.017,86	R\$ -	R\$ 938.286,37

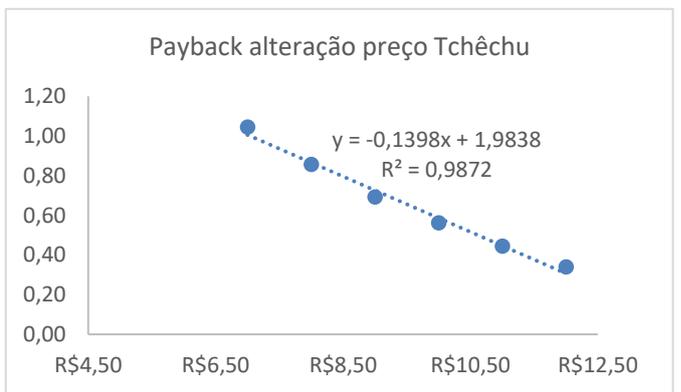
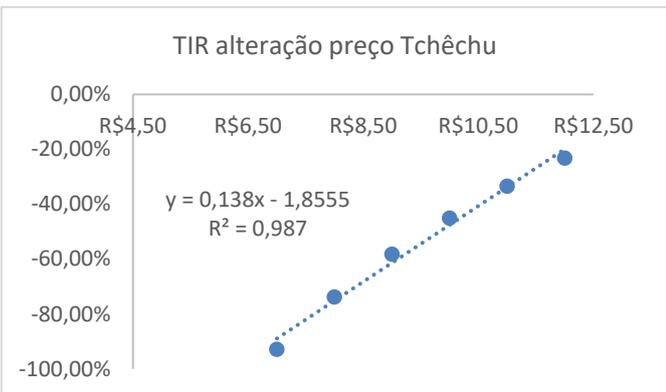
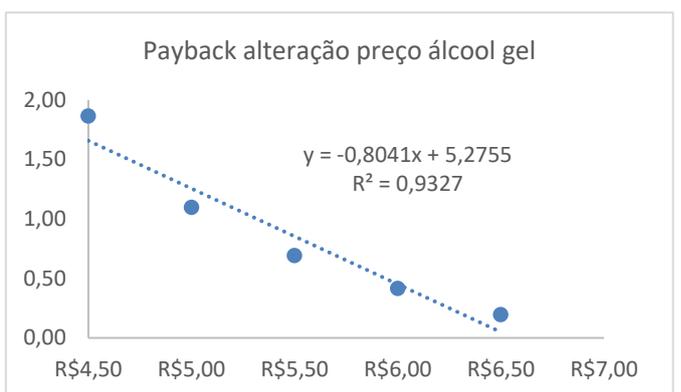
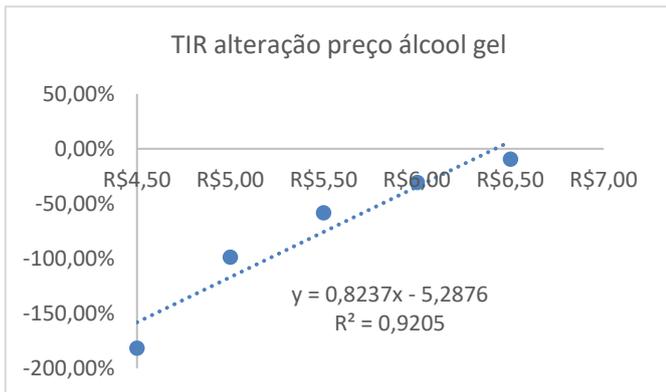
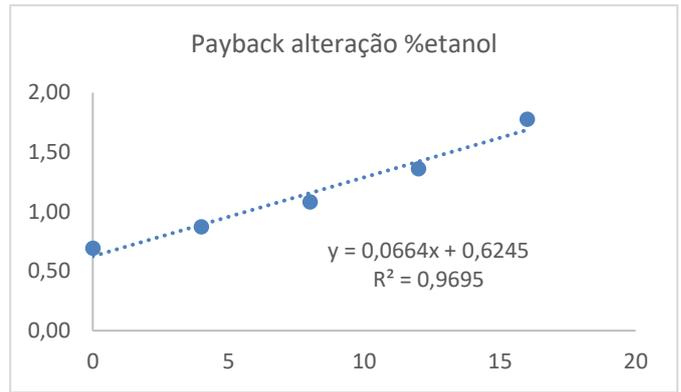
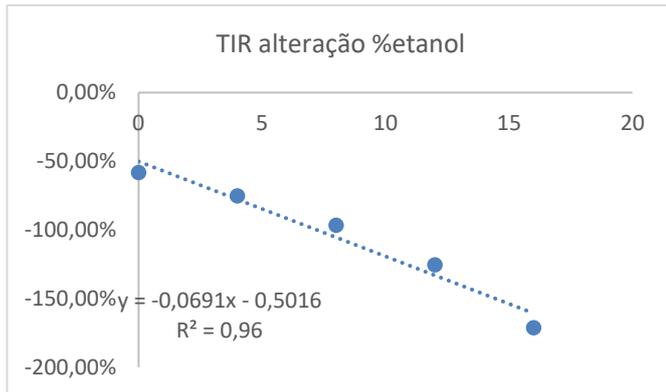
VPL	R\$ 938.286,37
TIR	55,83528%
Payback descontado	1,997 ano

A.1: Fluxo de caixa para o cenário base.



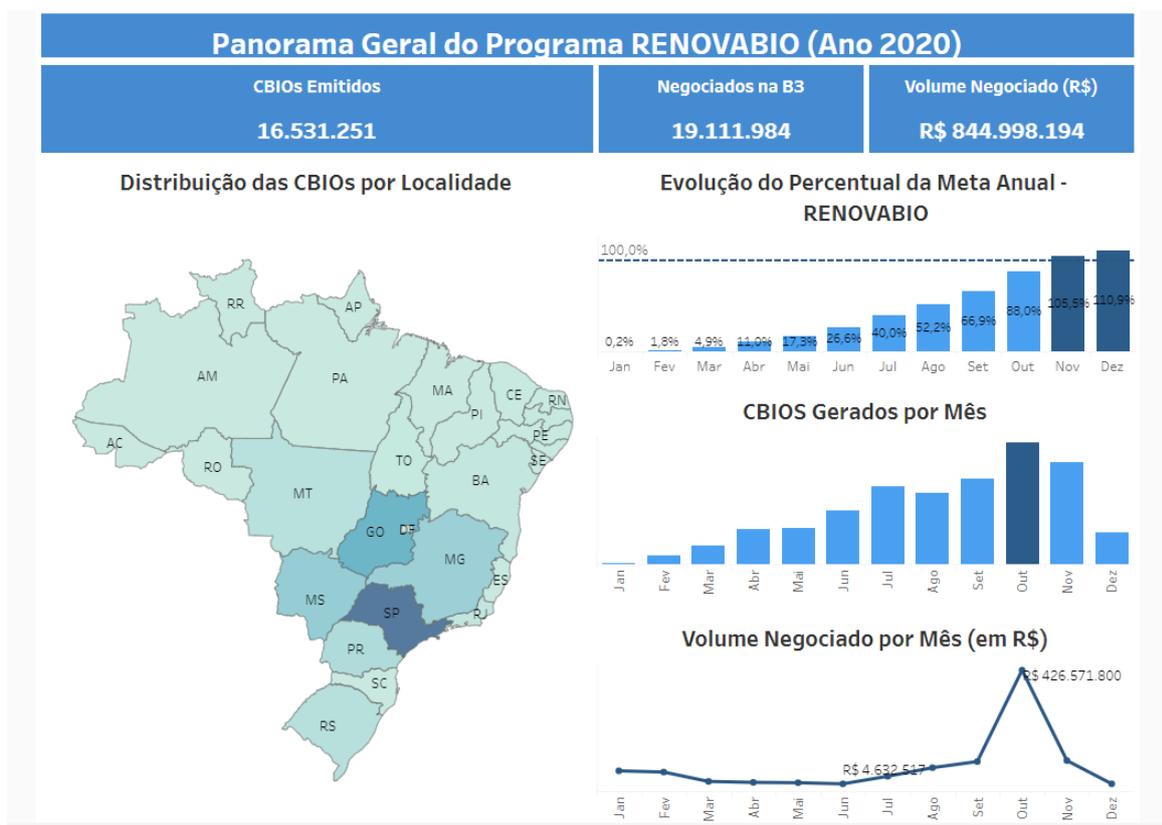
A.2: Business Model Canvas com proposta de modelo de negócios.





A.3: Resultados Regressão TIR e Payback descontado para os cenários avaliados.

## ANEXO A



A.1 – Panorama Geral do Programa Renovabio em 2020 (LUIZ, 2020).

**Quadro-resumo**  
Linhas de financiamento

Nome	Abrangência	Quem pode solicitar	Valores	Prazos	Quem Financia	Pág.
Programa ABC	Nacional	Produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas) e suas cooperativas.	Até R\$ 2 milhões; ou até R\$ 3 milhões se for floresta comercial.	De 5 a 15 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	25
Produsa	Nacional	Produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas) e suas cooperativas.	Até R\$ 400 mil.	5 a 12 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	29
Pronaf Florestal	Nacional	Agricultores familiares enquadrados no Pronaf.	Até 35 mil.	Até 12 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	33
Pronaf Agroecologia	Nacional	Agricultores familiares enquadrados no Pronaf.	Até 300 mil ou R\$ 700 mil para operações coletivas.	Até 15 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	35
Pronaf Eco	Nacional	Agricultores familiares enquadrados no Pronaf.	Até R\$ 10 mil, com taxa de 1% ao ano. Acima disso, a taxa é de 2% ao ano.	De 10 a 20 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	37
Pronamp	Nacional	Médio produtor rural, com pelo menos 80% de sua renda bruta anual originária da atividade agropecuária de até R\$ 1,6 milhão.	Até R\$ 385 mil.	Até 8 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	39
PNCF-CAF	Nacional	Agricultores e trabalhadores rurais sem terra, proprietários de terra inferior ao módulo rural e pequenos produtores rurais, com, no mínimo, 5 anos de experiência rural nos últimos 15 anos.	Até R\$ 80 mil.	Até 20 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	45
PNCF-CPR	Nacional	Agricultores e trabalhadores rurais em situação de pobreza que residem em regiões com baixo IDH.	Até R\$ 80 mil.	Até 20 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	46
MODERNINFRA	Nacional	Produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas) e suas cooperativas com prioridade a empreendimentos e regiões com maior deficiência de armazenagem.	Até R\$ 2 milhões por cliente ou até R\$ 6 milhões para empreendimento coletivo.	Até 12 anos	Instituições credenciadas pelo BNDES (ver pág. 87).	47

&gt;&gt; Continua

Nome	Abrangência	Quem pode solicitar	Valores	Prazos	Quem Financia	Pág.
FNE RURAL	Região Nordeste	Produtores rurais (pessoas jurídicas e físicas), associações formalmente constituídas e cooperativas de produtores rurais.	Até R\$ 360 mil.	De 180 dias a 15 anos	Banco do Nordeste.	50
FCO - Rural	Região Centro-Oeste	Produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas), além de suas cooperativas e associações.	Até 90 mil.	Até 20 anos	Banco do Brasil, Banco de Brasília, Banco Cooperativo do Brasil e Agência de Fomento de Goiás.	52
Programa de Desenvolvimento da Pecuária de Corte	Estado de Santa Catarina	Agropecuáristas de Santa Catarina que acessam recursos do Programa ABC.	Até 80 mil.	Os do Programa ABC	Banco do Brasil, SICOOB e outras instituições financeiras que possuem Termo de Cooperação com a Secretaria de Agricultura de Santa Catarina.	54
Linha de Crédito do Turismo Rural Paulista	Estado de São Paulo	Produtores rurais (pessoa física e jurídica) do Estado de São Paulo, enquadrados como beneficiários do FEAP, associações de produtores rurais e cooperativas de produtores rurais.	Até R\$ 40 mil.	De 2 a 7 anos	Nossa Caixa.	58
Linha de Crédito para Produtores Orgânicos de São Paulo	Estado de São Paulo	Produtores rurais (pessoa física e jurídica), associações de produtores rurais e cooperativas de produtores rurais.	Até R\$ 200 mil se for individual ou até R\$ 500 mil por cooperativa ou associação.	Até 48 meses	Banco do Brasil e FEAP.	60



### Quadro-resumo Programas de incentivo

Nome	Abrangência	Responsável	Quem pode se beneficiar	Pág.
PAA	Nacional	Conab	Agricultores familiares enquadrados no Pronaf.	64
PNAE	Nacional	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação	Agricultores familiares e/ou suas organizações econômicas enquadrados no Pronaf.	67
Programa Produtor de Água	Nacional	ANA	Produtores rurais que se proponham a adotar práticas de manejo conservacionistas em suas terras com vistas à conservação do solo e da água.	69
Produtor de Água	Rios e bacias hidrográficas selecionados	TNC	Produtores rurais localizados nos rios e bacias do programa.	71
Clickarvore	Bioma Mata Atlântica	SOS Mata Atlântica	Quem estiver na área dos editais.	73
Florestas do Futuro	Bioma Mata Atlântica	SOS Mata Atlântica	Áreas são escolhidas pela SOS Mata Atlântica.	75
Programa Novo Campo	Região Amazônica	Várias organizações	Programa aberto à adesão dos produtores rurais, mediante determinados critérios e compromissos.	77
Fundo Amazônia	Bioma Amazônia	BNDES	Pessoas jurídicas legalmente constituídas há, pelo menos, 2 anos.	79
PAS	Região Amazônica	Incra e organizações amazônicas	Famílias de assentamentos selecionados.	81

A.2 – Quadro resumo das linhas de financiamento disponíveis para produtores rurais.

	Pyrotech Energy	Biogreen Energy	Biofabrik
Processos Termoquímicos no Process Truck	<b>Pirólise Gaseificação</b>	<b>e Torrefação, Pirólise e Gaseificação</b>	<b>Pirólise</b>

Tipo de Reator	<b>Reatores PyroFlash® e PyroGasification®</b>	<b>Reator tipo Auger: The Spirajoule®</b>	<b>Reator com multi-zona de sistema de aquecimento, WASTX Plastic</b>
Dimensões do Process Truck	<b>Tipo: container (pirólise) 6x2, 4x2, 6 e 12x2, 4x2, 6 metros</b>  <b>Container (gaseificação) 12x2, 4x2, 6 metros</b>	<b>Tipo: containers, maior modelo: 15x5x3 metros</b>	<b>Tipo: container de 6x2, 4x2, 6 metros</b>  <b>E de 12x2, 4x2, 6 metros com até 3 módulos com o mesmo sistema de entrada/alimentação</b>
Processo	<b>Contínuo</b>	<b>Contínuo</b>	<b>Contínuo</b>
Capacidade Produtiva	<b>84 e 417 kg/h</b>	<b>Até 2,5 m3/h (de 250-1500kg/h)</b>	<b>Até 41,7kg/h por módulo, sendo escalável devido à facilidade de conexões paralelas</b>
Matéria-prima	<b>Resíduos lenhosos e agrícolas</b>	<b>Qualquer resíduo de biomassa de madeira, plantações ou materiais residuais</b>	<b>Plásticos dos tipos PEAD, PEBD e PP, descartados em aterros e oceanos, bem como resíduos sólidos urbanos, papel, materiais orgânicos e embalagens multicamadas</b>
Fonte de Aquecimento		<b>elétrica</b>	<b>Suprimento de energia autossuficiente: abastecimento com combustível extraído por meio de um gerador</b>
Rendimento dos produtos	<b>10% de produto sólido com poder calorífico de 28MJ/kg</b>  <b>50% de óleo com poder calorífico de 24MJ/kg</b>	<b>60-85% de produto sólido (Temperatura 250-400°C)</b>  <b>Até 40% de óleo com PCI de 12 a 22MJ/kg</b>	<b>1 kg de plástico gera 1 L de óleo combustível</b>

		<b>40% de gás de síntese com poder calorífico de 6,5MJ/kg</b>	<b>(Temperatura 450-600°C)</b>	
			<b>Até 95% de gás de síntese com PCS de até 36MJ/Nm3 (Temperatura de 650-800°C)</b>	
<b>Eficiência</b> (Energia que sai/Energia que entra)		<b>Consumo de energia da pirólise de 5 (84 kg/h) – 25 kWh (417 kg/h)</b>	<b>80 a 95%</b>	<b>Necessita de 1 kWh por kg de resíduo plástico</b>
<b>Limitações do Projeto</b>	<b>do</b>	<b>Tamanho de partícula &lt;15mm / umidade &lt;15% / teor de cinzas &lt;2%</b>	<b>de Fluxo livre da matéria-prima, umidade de entrada &lt; 10%, tamanho da partícula &lt; 30mm</b>	

A.3: Tabela características unidades modulares encontradas na literatura.

8	Perigosa (granel líquido)	Deslocamento (CCD)	R\$/km	2,5825	3,1024	3,5103	3,9160	4,3617	4,7911	5,3631
		Carga e descarga (CC)	R\$	325,99	359,16	379,43	406,14	436,70	498,32	528,46

A.4: Tabela Resolução n° 5.923 de 18 de janeiro de 2021 – valores mínimos para frete de carga perigosa (granel líquido)