





Ministério do
**Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior**



Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica de um Grupo Selecionado de Tecnologias Inovadoras Relacionadas à Cadeia Sucroenergética

Análise de Viabilidade Econômico-Financeira das Tecnologias Propostas

Abril de 2013

Sumário

1	Objeto	9
2	Aspectos Metodológicos	10
2.1	Dados Utilizados	10
2.2	Perspectiva de Análise	11
2.3	Modelo de Avaliação	11
2.4	A Metodologia do CAPM para o Cálculo do Ke	11
3	Panorama do Setor Sucroalcooleiro e as Principais Regiões Produtoras	14
4	Avaliação Econômica Financeira	20
4.1	Tratamento da Vinhaça	20
4.1.1	SCBCS ZLD	23
4.1.2	BIOFOM	43
4.1.3	Tratamento de Efluentes e Águas Residuárias	60
4.1.4	Aquex Vinasse SAB	62
4.1.5	Compress	66
4.2	Uso da Palha para Fins Energéticos	76
4.2.1	SLC - Sistema de Separação e Limpeza da Cana	79
4.2.2	Sistema FBT	93
4.3	Fermentação de Mosto Concentrado	106
4.3.1	ECOFERM	106
4.4	Produção Integrada à cadeia Sucroenergética de Bioprodutos a partir de Algas	120
4.4.1	See Algae Technology (SAT)	120
4.5	Vários Grupos de Aplicação	132
4.5.1	Usina Sustentável Dedini	132
5	Considerações Finais	141

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Premissas Macroeconômicas	13
Tabela 2 - Estados com maior Área Plantada de Cana de Açúcar, 2011 (hectares)	14
Tabela 3 - Rendimento de Açúcar e Etanol por tonelada de Cana-de-Açúcar	18
Tabela 4 - Tecnologias avaliadas.....	20
Tabela 5 - Premissas Gerais de Rendimento	27
Tabela 6 - Plano de Safra	28
Tabela 7 - Concentração de Potássio (K ₂ O) na Vinhaça.....	28
Tabela 8 - Preço do Fertilizante KCl	30
Tabela 9 - Carga Tributária Incidente	30
Tabela 10 - Preços TabVlae.....	31
Tabela 11 - Fluxo de Caixa Descontado Cenário Base	32
Tabela 12 - Resultados Cenário Base	33
Tabela 13 - Premissas Cenário Empresa Proponente	33
Tabela 14 - Fluxo de Caixa Descontado Cenário Empresa Proponente	34
Tabela 15 - Resultados Cenário Empresa Proponente	35
Tabela 16 - Análise de Sensibilidade do Volume de Cana Processada por Hora.....	35
Tabela 17 – Análise de Sensibilidade do VPL - Parcela de Cana Própria e Rendimento Agrícola	36
Tabela 18 - Análise de Sensibilidade do VPL - Área de Cultivo Própria e Demanda de Potássio do Solo	38
Tabela 19 - Análise de Sensibilidade do VPL - Preço do Fertilizante (KCl) e Custo de Fertirrigação .	39
Tabela 20 - Análise de Sensibilidade do VPL - Custo de Processamento da Vinhaça e Ke	40
Tabela 21 - Variação dos Parâmetros para o Cenário de Equilíbrio	40
Tabela 22 - Sensibilidade das Variáveis Percentuais	43
Tabela 23 – Biofom - Premissas Gerais de Rendimento.....	48
Tabela 24 – Biofom - Plano de Safra	49
Tabela 25 - Concentração de Potássio (K ₂ O) na Vinhaça.....	49
Tabela 26 - Carga Tributária Incidente	51
Tabela 27 - CAPEX Biofom.....	51
Tabela 28 - Biofom - Financiamento	52
Tabela 29 - Custo Pré-Operacionais Biofom	52
Tabela 30 - Equipe Necessária para Operação do Biofom	53
Tabela 31 – Biofom - Fluxo de Caixa Descontado Cenário Base.....	53
Tabela 32 - Resultados Cenário Base	54
Tabela 33 – Biofom - Premissas Cenário Proponente.....	54
Tabela 34 - Biofom - Plano de Safra Cenário Proponente	55
Tabela 35 – Biofom - Fluxo de Caixa Descontado Cenário Proponente	55
Tabela 36 – Biofom - Resultados Cenário Proponente	56
Tabela 37 – Biofom - Análise de Sensibilidade do Volume de Cana Processado por Hora	56

Tabela 38 - Biofom – Análise de Sensibilidade do VPL - Parcela de Cana Própria e Mix de Produção	57
Tabela 39 – Biofom - Sensibilidade do VPL - Área de Cultivo Própria e Demanda de Potássio do Solo	57
Tabela 40 - Biofom - Sensibilidade do VPL - Área de Cultivo Própria e Percentual Fertirrigado	58
Tabela 41 - Análise de Sensibilidade do VPL - Preço do Fertilizante (KCl) e Custo de Fertirrigação .	58
Tabela 42 – Biofom - Sensibilidade do VPL - Custo de Capital Próprio e de Terceiros	59
Tabela 43 – Biofom – Variação dos Principais Parâmetros para Cenário de Equilíbrio.....	59
Tabela 44 - Dados Fornecidos - Meri.....	61
Tabela 45 - Composição dos Ganhos, em Reais, gerados pelo Sistema SAB.	65
Tabela 46 – Compress – Capex.....	67
Tabela 47 - Compress - Financiamento	68
Tabela 48 – Compress - Parâmetros do Cenário Padrão.....	69
Tabela 49 - Compress - Carga tributária.....	70
Tabela 50 - Compress – Parâmetros do Cenário do Proponente.....	70
Tabela 51 - Compress - Fluxo caixa Cenário Proponente	71
Tabela 52 - Compress - Indicadores Cenário do Proponente	71
Tabela 53 – Compress - Diferenças entre Cenário do Proponente e Cenário de Equilíbrio	72
Tabela 54 - Compress - Fluxo caixa Cenário de Equilíbrio	72
Tabela 55 – Compress - Indicadores Cenário de Equilíbrio	73
Tabela 56 - Compress - Sensibilidade do VPL ao volume de vinhaça processado	73
Tabela 57 - Compress - Sensibilidade do VPL em relação à redução do volume da vinhaça e seu custo médio de transporte e aplicação	74
Tabela 58 – Compress - Sensibilidade do VPL em relação ao custo e consumo de vapor	74
Tabela 59 – Compress - Sensibilidade do VPL em relação ao custo e consumo de energia	75
Tabela 60 – Compress - Sensibilidade do VPL em relação ao custo do capital próprio e taxa de juros de financiamento do projeto	75
Tabela 61 – Compress – Variação dos principais parâmetros para anulação do VPL	75
Tabela 62 - Impurezas - Valores médios 2008 a 2010 por tipo de colheita	78
Tabela 63 – SLC – Relação de modelos	82
Tabela 64 – SLC - Detalhamento do Capex	82
Tabela 65 - Dedini SLC - Parâmetros de mercado	84
Tabela 66 – Dedini SLC - Parâmetros do Cenário Padrão.....	84
Tabela 67 - Dedini SLC – Parâmetros do Cenário Base	84
Tabela 68 - Dedini SLC - Carga tributária.....	86
Tabela 69 - Dedini SLC - Financiamento	86
Tabela 70 - Dedini SLC - Fluxo caixa Cenário Base.....	87
Tabela 71 - Dedini SLC - Indicadores Cenário Base	87
Tabela 72 - Dedini SLC - Diferenças entre Cenário Base e Cenário do Proponente.....	88
Tabela 73 - Dedini SLC - Fluxo caixa Cenário Proponente	88

Tabela 74 - Dedini SLC - Diferenças entre Cenário Base e Cenário de Equilíbrio	89
Tabela 75 - Dedini SLC - Fluxo caixa Cenário de Equilíbrio.....	89
Tabela 76 - Dedini SLC - Indicadores Cenário de Equilíbrio	90
Tabela 77 - Dedini SLC - Sensibilidade do VPL ao processamento de cana.....	90
Tabela 78 - Dedini SLC - Sensibilidade do VPL em relação ao ganho de produtividade e redução de custos de manutenção	91
Tabela 79 - Dedini SLC - Sensibilidade do VPL em relação a redução de custos de manutenção e geração de energia excedente por tcl.....	91
Tabela 80 - Sensibilidade do VPL em relação a redução de custos de manutenção e valor de venda da energia elétrica	91
Tabela 81 - Sensibilidade do VPL em relação a redução de custos de manutenção e valor de venda da energia elétrica	92
Tabela 82 - Sensibilidade do VPL em relação ao Ke.....	92
Tabela 83 - Benefícios da secagem do bagaço.....	95
Tabela 84 – Sistema FBT - Financiamento.....	97
Tabela 85 – Sistema FBT - Parâmetros de Mercado.....	98
Tabela 86 – Sistema FBT - Parâmetros do Cenário Padrão	98
Tabela 87 – Sistema FBT - Carga tributária	100
Tabela 88 - Sistema FBT - Parâmetros do Cenário do Proponente	100
Tabela 89 - Sistema FBT - Fluxo de Caixa do Cenário do Proponente.....	101
Tabela 90 - Sistema FBT - Indicadores de Resultado do Cenário do Proponente.....	101
Tabela 91 - Sistema FBT - Resultados na Safra do Cenário de Equilíbrio	102
Tabela 92 - Sistema FBT - Fluxo de Caixa do Cenário de Equilíbrio	102
Tabela 93 - Sistema FBT - Indicadores de Resultado do Cenário de Equilíbrio	103
Tabela 94 – Sistema FBT - Sensibilidade do VPL a Quantidade de Cana Processada por Hora	103
Tabela 95 – Sistema FBT - Sensibilidade do VPL ao Poder Calorífico da Palha.....	104
Tabela 96 - Sistema FBT - Sensibilidade do VPL a Umidade Final do Bagaço o e ao Percentual da Palha Disponível Utilizada como Combustível.....	104
Tabela 97 - Sistema FBT - Sensibilidade do VPL ao Custo de Capital e Valor de Venda da Energia	105
Tabela 98 - ECOFERM - Redução consumo vapor.....	107
Tabela 99 – ECOFERM - Redução do consumo de insumos	108
Tabela 100 - ECOFERM – Redução do volume da vinhaça	108
Tabela 101 – ECOFERM - Capex.....	110
Tabela 102 - ECOFERM - Financiamento	111
Tabela 103 - ECOFERM - Valores de referência.....	111
Tabela 104 - ECOFERM - Produção da usina padrão	112
Tabela 105 - ECOFERM - Carga tributária	112
Tabela 106 - ECOFERM - Parâmetros Cenário Proponente	114
Tabela 107 - ECOFERM - Resultados Cenário Proponente	114

Tabela 108 - ECOFERM - Fluxo de Caixa do Cenário do Proponente	115
Tabela 109 - ECOFERM - Indicadores do Cenário do Proponente	115
Tabela 110 - ECOFERM - Fluxo de Caixa Cenário de Equilíbrio	116
Tabela 111 - ECOFERM - Indicadores Cenário de Equilíbrio	117
Tabela 112 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL a quantidade de mosto processado	117
Tabela 113 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL à variação do preço dos insumos	117
Tabela 114 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL à variação do custo e redução do consumo de vapor	118
Tabela 115 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL à variação do custo de transporte e redução do volume da vinhaça	118
Tabela 116 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL à variação do teor alcoólico do vinho e eficiência da tecnologia	119
Tabela 117 - Sensibilidade do VPL em relação ao Ke	119
Tabela 118 - Dados de Mercado	123
Tabela 119 - Produção da fazenda de algas	124
Tabela 120 – Tabela Resumo do CAPEX	125
Tabela 121 - Carga Tributária SAT	125
Tabela 122 - Financiamento	126
Tabela 123 - SAT - Fluxo de caixa do Cenário Base	127
Tabela 124 - SAT – Indicadores do Cenário Base	127
Tabela 125 - Financiamento FINEP	128
Tabela 126 - SAT - Fluxo de caixa do Cenário do Proponente	128
Tabela 127 - SAT - Indicadores com financiamento FINEP	129
Tabela 128- SAT - Análise de sensibilidade do modelo do proponente	129
Tabela 129 - SAT - VPL por hectare	130
Tabela 130 - SAT - Sensibilidade do VPL em relação à produtividade e ao tamanho da planta	130
Tabela 131 - SAT - Sensibilidade do VPL em relação ao preço do biodiesel e a % de Ácidos graxos	131
Tabela 132 - SAT - Sensibilidade do VPL em relação ao Ke e ao percentual do CAPEX financiado	131
Tabela 133 - Principais Parâmetros Econômico-Financeiros	135
Tabela 134 - Dias de Safra e Disponibilidade Energética	136
Tabela 135 - Perdas e Eficiência	136
Tabela 136 - Produtos e Ganhos Provenientes da Operação da USD	137
Tabela 137 - Abertura Analítica dos Investimentos	137
Tabela 138 - Principais Custos e Despesas Provenientes da Operação da USD	139

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa da Área Plantada de Cana de Açúcar no Brasil.....	15
Figura 2 - Fluxo Sintético de Produção de Açúcar e Bioetanol de Cana.....	21
Figura 3 - Aplicação da Vinhaça no Canavial com Aspensor (canhão).....	22
Figura 4 - VPL e Volume de Vinhaça Processado.....	32
Figura 5 - Cana de açúcar na usina.....	77
Figura 6 - Produtos da Fazenda de Algas.....	123

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Área Plantada com Cana-de-Açúcar, 2002 - 2011 (hectares).....	15
Gráfico 2 - Produção de Cana-de-Açúcar, 2002 - 2011 (toneladas)	16
Gráfico 3 - Evolução do Índice de Produtividade (ton/ha)	16
Gráfico 4 - Evolução da Produção de Açúcar (ton) e Etanol (m ³), 2002 - 2011.	17
Gráfico 5 – Produção de Etanol por Região em m ³	17
Gráfico 6 - Produção de Açúcar por Região em toneladas	18
Gráfico 7 - Evolução semanal dos preços do Etanol e do Açúcar, 2003 a 2012.....	19
Gráfico 8 - Produção de Etanol Total, Brasil - Safra 2011/2012.....	21
Gráfico 9 - Preço SPOT do Cloreto de Potássio (KCl).....	29
Gráfico 10 - Preço SPOT do Cloreto de Potássio (KCl)	50
Gráfico 11 - Histórico de impurezas no Centro-Sul.....	77

1 Objeto

Constitui objeto do contrato a contratação de serviço comum para realização de estudo de viabilidade técnica e econômica de um grupo selecionado de tecnologias inovadoras relacionadas à cadeia su-croenergética.

2 Aspectos Metodológicos

Este estudo não pretende generalizar nem esgotar a discussão sobre a viabilidade das tecnologias envolvidas neste programa, mas analisar os principais componentes para um estudo individual de sua aplicação nas usinas. O setor sucroalcooleiro é composto por unidades industriais que variam em diversos parâmetros dada a localização, qualidade do solo, planta, estratégias de produção, equipamentos e outros. Como será observado, a avaliação das tecnologias pode ser fortemente alterada em função da variabilidade das premissas adotadas. Nesse sentido, torna-se imprescindível que a escolha ou decisão pela implantação da tecnologia seja embasada por um estudo de viabilidade individual.

A avaliação dos ganhos financeiros potenciais que poderão ser obtidos a partir da implementação da tecnologia em uma usina, está balizada em oportunidades de redução de custos e da geração de receitas a partir da venda de novos subprodutos. Procura-se avaliar os resultados incrementais propiciados pela tecnologia, ou seja, a parcela das receitas, custos e despesas que serão adicionadas ou reduzidas em função da instalação do processo inovador.

Para a análise econômica financeira são colocados em ênfase os resultados que possuem potencial direto na geração de variações no fluxo de caixa da usina, porém ainda são ressaltados outros importantes ganhos relacionados, principalmente relativamente à mitigação de riscos de poluição ambiental e de impactos nas comunidades circunvizinhas.

2.1 Dados Utilizados

Para a estruturação dos modelos de avaliação de cada tecnologia foram enviados questionários em um formato padrão para cada empresa proponente solicitando diversos dados relativos à tecnologia. Além disso, foi indicado que documentos complementares como estudos de caso já realizados, modelos de avaliação interna e documentos complementares em geral fossem enviados. Paralelamente foram coletados dados agrícolas e operacionais do setor disponíveis em entidades de representatividade, publicações científicas, artigos acadêmicos e outras fontes.

A grande maioria dos questionários foi enviada com informações faltantes que não permitiram a estruturação completa do fluxo de caixa incremental da tecnologia, principalmente no que diz respeito à estimativa de ganho com a implementação da tecnologia. A fim de mitigar este problema, foram solicitadas informações complementares e conduzidos *conference calls com as empresas proponentes*.

2.2 Perspectiva de Análise

Adotou-se como perspectiva de análise do ponto de vista do cliente das empresas proponentes das tecnologias inscritas no programa. Sendo assim são considerados os desembolsos que uma potencial usina sucroalcooleira deverá fazer, com vistas a implementar a tecnologia proposta, o que pode considerar estruturas complementares para que os ganhos sejam computados. Por outro lado, frente às possibilidades de ganhos propiciados pelo processo inovador são também apresentadas as entradas de caixa incrementais.

É válido salientar que ao avaliar a viabilidade econômica financeira de implementação da tecnologia adotando a perspectiva do usineiro cliente, assume-se como premissa que a empresa proponente, fornecedora, possui um modelo de negócio economicamente viável e que forneça condições para que a tecnologia seja integralmente implementada, provendo os ganhos indicados, pelos preços, custos e despesas orçados pelos equipamentos, produtos e serviços envolvidos.

No estudo de viabilidade econômica será apresentada a versão de parâmetros originais e de ganhos e benefícios propostos pela empresa, quando estes existirem e, comparativamente, a análise do modelo com parâmetros que foram passíveis de verificação ou que possuíssem intervalo mais próximo à médias ou números identificados em casos mencionados como padrão. São ressalvadas, ainda, os pontos de maior sensibilidade e riscos de inadequação, especialmente os aplicáveis aos subprodutos que dependam de outros investimentos e custos associados para sua obtenção.

2.3 Modelo de Avaliação

A avaliação dos resultados incrementais que as tecnologias poderão prover foi construída a partir de uma análise comparativa entre os resultados que determinado processo, em uma usina sucroalcooleira com tecnologias tradicionalmente utilizadas na indústria, poderá prover e os resultados deste mesmo processo em uma usina com a tecnologia proposta em operação. Dessa forma, são consideradas apenas as variações de caixa decorrentes da implementação da tecnologia e analisados outros ganhos, não financeiros, que podem ser relacionados.

Em determinados casos, existe grande dificuldade de mensuração de ganhos ou perdas, seja pela falta de informações fornecidas pelas empresas proponentes ou pela inexistência de dados agrícolas (em larga escala) que comprovem os tais resultados. Estes incrementos são ressaltados no relatório, porém não mensurados.

2.4 A Metodologia do CAPM para o Cálculo do Ke

O cálculo do custo do capital próprio possui como premissa fundamental a avaliação de risco da atividade, somada à taxa de remuneração livre de risco na economia, dada geralmente pela remuneração

oferecida pelos títulos do governo. Para esse cálculo e aplicação dessa metodologia são consideradas diversas etapas. Inicialmente, toma-se como base as empresas do setor, mensurando a variação dos preços de suas ações no mercado de capitais frente às variações da economia, espelhadas, por exemplo, em algum índice de mercado. Uma dessas medidas é dada pelo Beta, que representa um multiplicador em relação às variações de retornos das empresas de um determinado segmento em relação ao mercado. Extrai-se, em princípio, uma média ponderada dessa medida para o setor, excluindo-se o peso do endividamento. Este indicador representa uma relação média e temporal entre os retornos das ações selecionadas em relação à economia, que foi aqui evidenciada pela variação dos retornos do *Standard&Poor's* 500 - S&P 500, um índice representado por 500 ações norte-americanas e que captura aproximadamente 70% das negociações nesse mercado. Comparou-se, assim, as variações dos preços das ações de empresas de capital aberto que atuem no setor do empreendimento analisado ou em setores similares, com as flutuações do índice S&P 500 nos últimos 5 anos. O objetivo de tal processo é extrair os ganhos ou perdas adicionais do negócio em estudo em relação à economia. Assim, o resultado do retorno esperado e requerido pelo negócio seria uma taxa de remuneração sem risco, em conformidade com as taxas oferecidas pelo governo, somada à taxa da economia em geral, adicionados os ganhos ou extraídas as perdas do negócio, comparativamente à economia como um todo. Resume-se, assim, em uma única taxa, a remuneração exigida por um negócio, contemplando todos os riscos inerentes em suas flutuações de resultado e de caixa, além de adicionar os ganhos em investimentos de risco nulo, dadas em aplicações financeiras tradicionais e oferecidas pelo governo.

Como foram utilizados índices presentes na economia americana e mundial, calculadas em dólar, dado o objetivo de maior precisão dos níveis de risco intra-setores, é necessária a utilização e complementação no cálculo dos riscos presentes nas taxas de juros brasileiras em relação ao mercado internacional. Para taxas livre de risco e do governo foram utilizadas as *Treasury Bonds* americanas. Assim, os componentes de risco presentes na taxa de juros brasileira, como o prêmio de risco país, relativo ao risco de crédito da economia brasileira frente ao mercado internacional e o risco cambial, que expõe as incertezas quanto à flutuação do real sobre o dólar devem ser incorporados. Ambos já se encontram presentes na taxa de juros brasileira SELIC, daí a necessidade dessas inclusões. Para os prêmios de risco país foram utilizados os contratos de *Credit Default Swap* (CDS) que pactuam e indicam o quanto é transacionado anualmente pelo mercado para a garantia de pagamento dos títulos do governo brasileiro transacionados em dólar, uma espécie de seguro de crédito. Para o cálculo do prêmio de risco cambial foram utilizados os contratos de FRA de Cupom Cambial, contratos negociados na BM&FBOVESPA e que traduzem as expectativas de variações de preços entre as taxas de juros brasileiras no mercado interbancário frente à variação cambial prevista. Assim, é possível extrair em suas cotações, o prêmio de risco cambial.

Para a formação do K_e utiliza-se o modelo CAPM, calculado na curva de juros, ou seja, um valor para cada ano de projeção em termos reais

O Beta desalavancado utilizado foi de 0,842, e foi obtido com o mercado de Biocombustíveis. O mercado de álcool foi utilizado de maneira predominante, devido à restrição de informações sobre o mercado de açúcar no exterior. Utilizou-se os betas alavancados de 5 anos para 9 empresas, que foram desalavancados e ponderados pelos seus respectivos EV's. Este beta desalavancado ponderado foi utilizado como referência para a construção do K_e .

As premissas macroeconômicas assumidas são apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 1 - Premissas Macroeconômicas

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
US Treasury Bond	2,77%	2,84%	2,90%	2,94%	2,98%	3,00%	3,02%	3,04%	3,04%	3,04%	3,04%
Prêmio de Mercado	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%	6,50%
Risco Cambial	0,67%	1,33%	1,21%	0,87%	0,58%	0,50%	0,58%	0,53%	0,65%	0,56%	0,60%
Risco País	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%
Size Premium	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Inflação EUA	2,43%	2,43%	2,30%	2,20%	2,20%	2,20%	2,20%	2,20%	2,20%	2,20%	2,20%

Fonte: Elaboração Própria

A definição do k_e em cada avaliação depende da estrutura de capital adotada em cada projeto.

3 Panorama do Setor Sucroalcooleiro e as Principais Regiões Produtoras

No Brasil, se destacam como principais regiões produtoras de cana de açúcar o Centro-Sul do território, em especial os estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Paraná, e o Norte-Nordeste com maior concentração no estado de Alagoas, em Pernambuco e na Paraíba. O clima, as características do solo e a configuração observada das usinas produtoras em cada região influenciam os números da safra a cada ano. Nesta seção do relatório, serão apresentados números gerais da indústria da cana no Brasil nos últimos anos, diferenciando principalmente as duas regiões citadas. Além de dimensionar os números do setor e analisar sua evolução ao longo dos anos, pretende-se diferenciar as características das principais regiões produtoras do país. Com isso, caracteriza-se o mercado potencial das empresas proponentes das tecnologias analisadas neste trabalho, expondo dados que possam evidenciar melhores oportunidades para cada tipo de tecnologia.

A tabela a seguir mostra uma forte concentração da área plantada de Cana de Açúcar no Brasil, sendo que 5 (cinco) estados possuem 81,97% (oitenta e um virgula noventa e sete por cento) do total da área plantada de cana de açúcar no país e os 10 (dez) estados listados representam quase 95% (noventa e cinco por cento) do total. Destaca-se, também, a elevada representatividade da região Centro-Sul frente à região Norte-Nordeste.

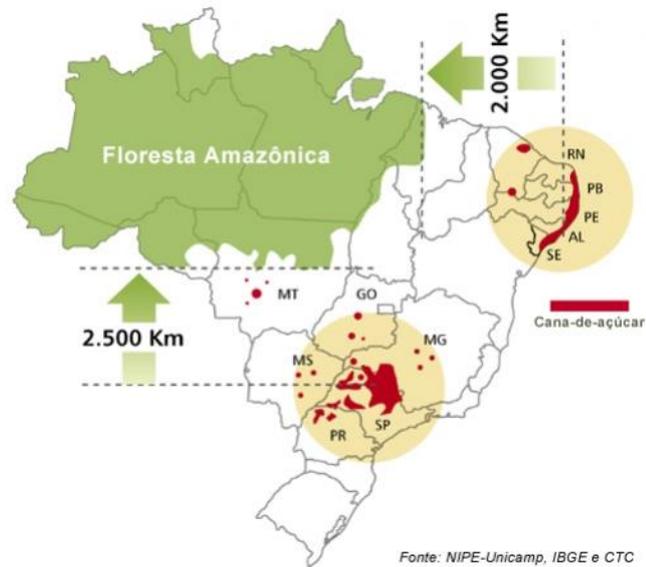
Tabela 2 - Estados com maior Área Plantada de Cana de Açúcar, 2011 (hectares)

Estado	Área Plantada (2011)	% do Total	% Acum.
São Paulo	5.216.491	54,24%	54,24%
Minas Gerais	831.329	8,64%	62,89%
Goiás	697.541	7,25%	70,14%
Paraná	641.765	6,67%	76,82%
Mato Grosso do Sul	495.821	5,16%	81,97%
Alagoas	434.684	4,52%	86,49%
Pernambuco	345.416	3,59%	90,08%
Mato Grosso	226.993	2,36%	92,44%
Paraíba	118.097	1,23%	93,67%
Bahia	116.171	1,21%	94,88%

Fonte: UNICA a partir de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

No mapa abaixo é possível observar a distribuição da área plantada de Cana de Açúcar no Brasil. Verifica-se a importância do estado de São Paulo neste cenário.

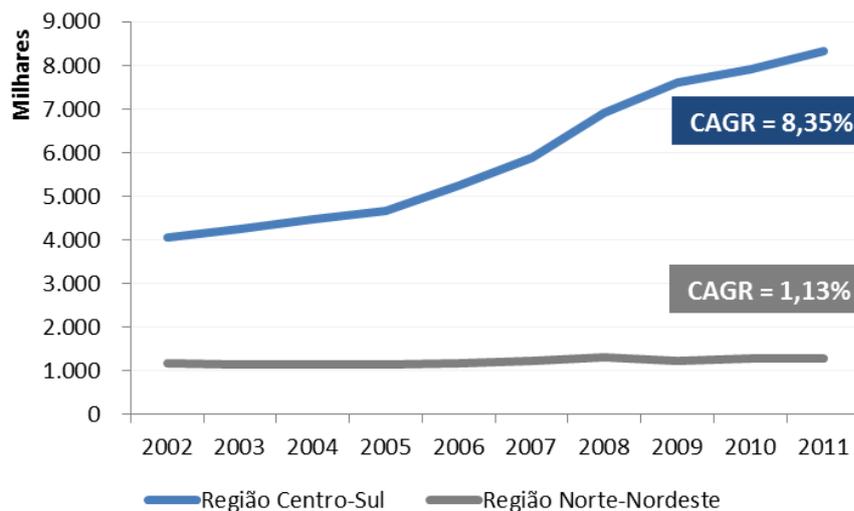
Figura 1 - Mapa da Área Plantada de Cana de Açúcar no Brasil.



Fonte: Website da ÚNICA (<http://www.unica.com.br/mapa-da-producao/>).

Como pode ser observado no gráfico a seguir, entre 2002 a 2011, houve crescimento na área plantada de Cana de Açúcar em todo o Brasil, sendo este mais expressivo na Região Centro-Sul (8,35% por ano), comparativamente ao restante do País. Além de concentrar a maior parcela da área de cultivo da cana no país, a região Centro-Sul tem apresentado crescimento substancialmente superior ao da região Norte-Nordeste na expansão desta área.

Gráfico 1 - Área Plantada com Cana-de-Açúcar, 2002 - 2011 (hectares)

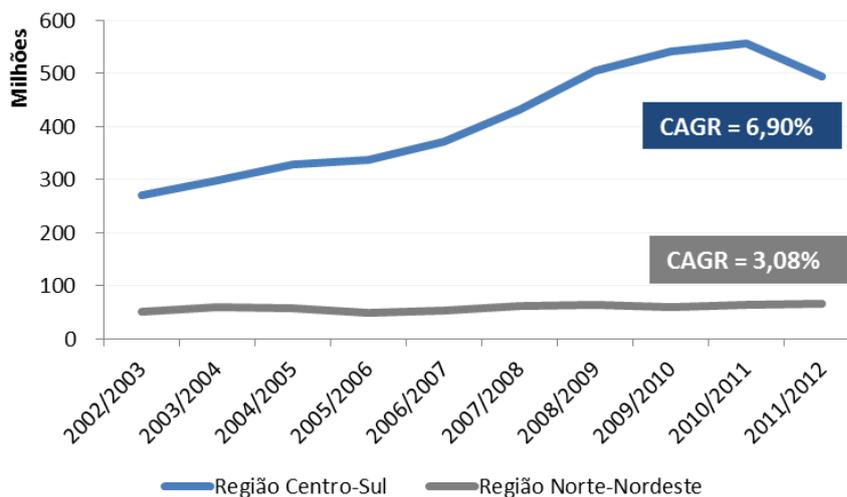


Fonte: UNICA a partir de informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Em relação à quantidade produzida de Cana de Açúcar, também foi verificado um crescimento maior na Região Centro-Sul (6,90% por ano), comparativamente ao restante do País. Destaca-se, entretanto, que a discrepância da Região Centro-Sul em relação à Norte-Nordeste, foi menor, comparando-se

a área plantada com a quantidade produzida, o que dá indícios de um crescimento no índice de produtividade desta última. É possível notar, também, que no período entre 2011 e 2012 ocorreu uma queda na produção de cana-de-açúcar na região centro-sul, acompanhada de um aumento da área de cultivo desta região, observa-se assim uma queda na produtividade da região Centro-Sul.

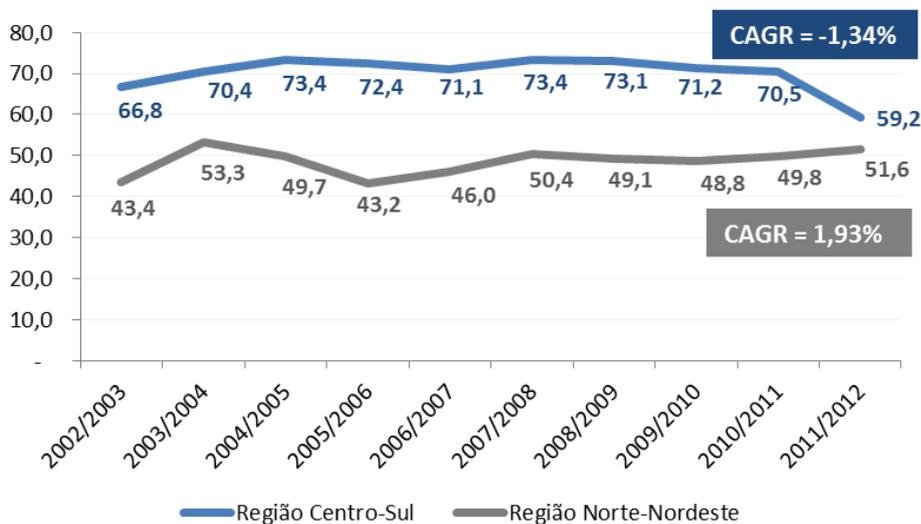
Gráfico 2 - Produção de Cana-de-Açúcar, 2002 - 2011 (toneladas)



Fonte: UNICA, ALCOPAR, BIOSUL, SIAMIG, SINDALCOOL, SIFAEG, SINDAAF, SUDES e MAPA.

De fato, constata-se, a partir da análise do gráfico a seguir, que a produtividade do cultivo de Cana de Açúcar na Região Norte-Nordeste vem aumentando (1,93% por ano), enquanto na região Centro-Sul o indicador de produção por área plantada apresenta taxa de crescimento negativa (-1,34% ao ano, no período analisado). Destaca-se que apesar da queda apontada na produtividade por hectare na região Centro-Sul, além de produzir mais, essa região é mais eficiente.

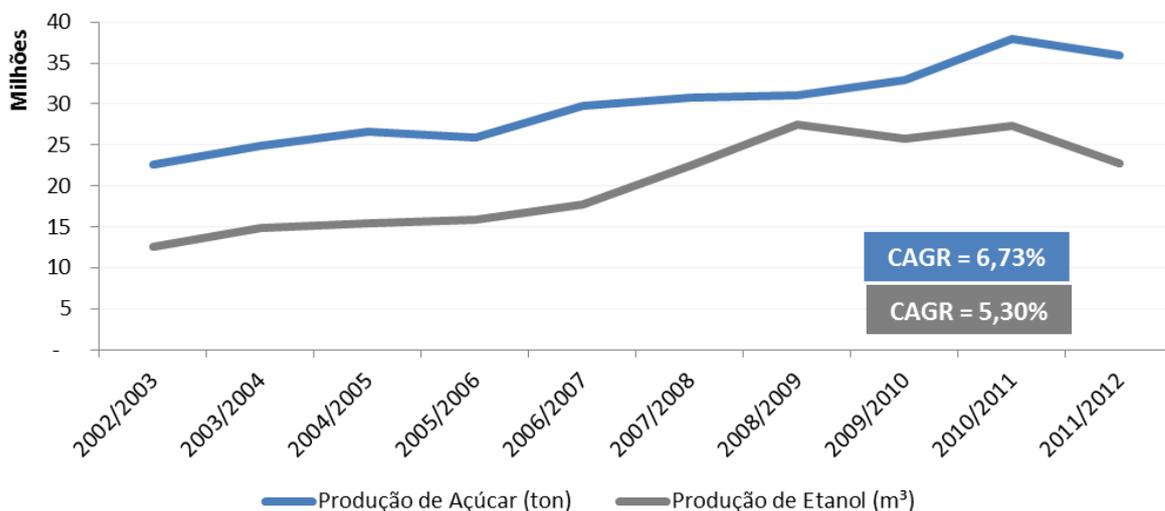
Gráfico 3 - Evolução do Índice de Produtividade (ton/ha)



Fonte: Elaboração Própria, com base nos base da ÚNICA.

Analisando-se as safras de 2002/2003 a 2011/2012, em termos percentuais, observa-se que a produção de Etanol cresceu, nesse período, mais do que a de açúcar, como pode ser verificado no gráfico a seguir.

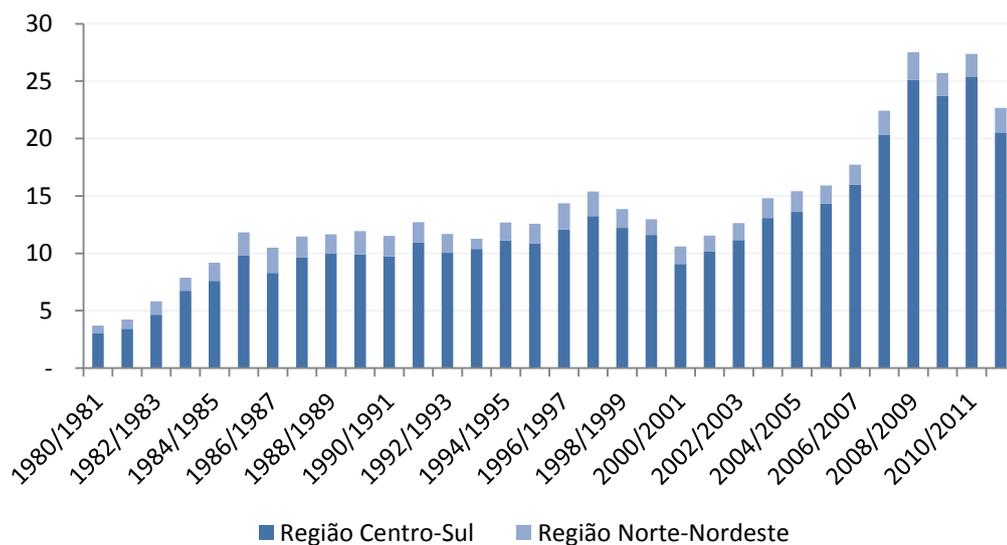
Gráfico 4 - Evolução da Produção de Açúcar (ton) e Etanol (m³), 2002 - 2011.



Fonte: UNICA, ALCOPAR, BIOSUL, SIAMIG, SINDALCOOL, SIFAEG, SINDAAF, SUDES e MAPA..

A produção de etanol da região Centro-Sul corresponde, em média, a 87% da produção nacional no período analisado. Nos últimos cinco anos, essa média aumenta para 91% chegando a 93% na safra 2010/2011. A distribuição da produção de etanol por região é apresentada no gráfico abaixo.

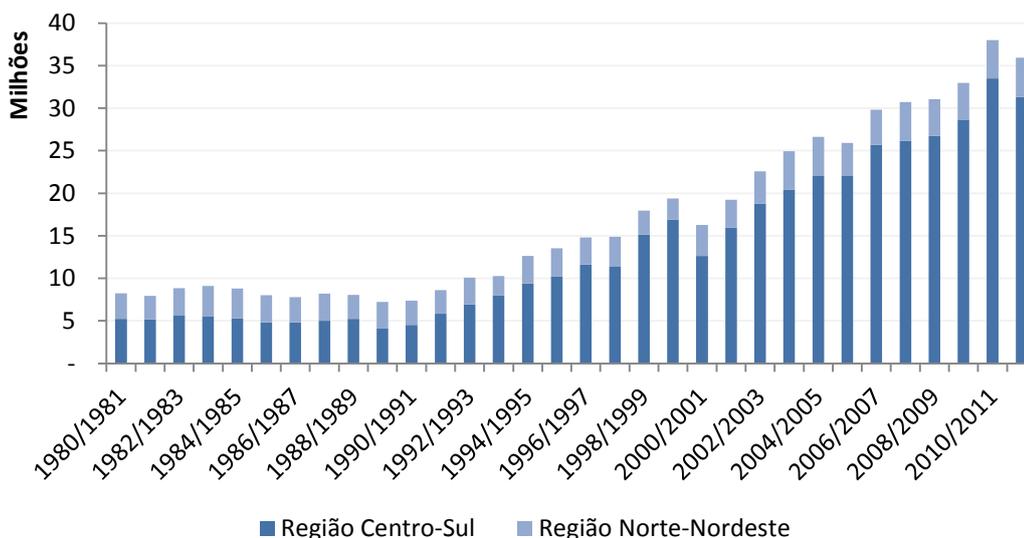
Gráfico 5 – Produção de Etanol por Região em m³



Fonte: ÚNICA, ALCOPAR, BIOSUL, SIAMIG, SINDALCOOL, SIFAEG, SINDAAF, SUDES e MAPA.

A produção de açúcar também é fortemente concentrada na região Centro-Sul, no entanto com menor intensidade quando compara com a região Norte-Nordeste. No período analisado, em média, 75% da produção de açúcar no país é proveniente da região Centro-Sul. Quando analisados os últimos cinco anos essa média vai para 87%. A distribuição da produção de açúcar por região é apresentada no gráfico abaixo.

Gráfico 6 - Produção de Açúcar por Região em toneladas



Fonte: UNICA, ALCOPAR, BIOSUL, SIAMIG, SINDALCOOL, SIFAEG, SINDAAF, SUDES e MAPA.

Quando analisados os indicadores de rendimento se destacam novamente os resultados da região Centro-Sul que são apresentados na tabela abaixo.

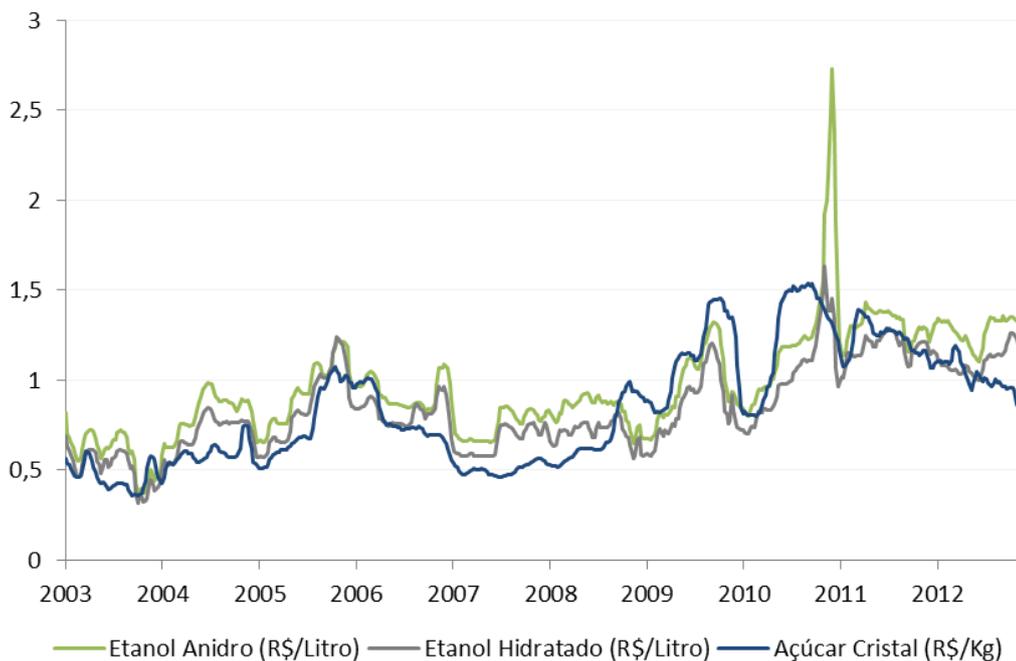
Tabela 3 - Rendimento de Açúcar e Etanol por tonelada de Cana-de-Açúcar

	Brasil	Centro/Sul	Nordeste
Rendimento de etanol por tonelada de cana (l/t)	78,79	79,05	76,30
Rendimento de açúcar por tonelada de cana (kg/t)	128,60	129,10	125,50

Fonte: CONAB.

Na análise dos preços do Etanol e do Açúcar, observa-se que tanto o Etanol Anidro, quanto o Hidratado, tiveram aumento recente nos seus preços, enquanto o preço do açúcar apresentou uma tendência de queda nos últimos dois anos.

Gráfico 7 - Evolução semanal dos preços do Etanol e do Açúcar, 2003 a 2012.



Fonte: Centro De Estudos Avançados Em Economia Aplicada - ESALQ/USP.

Observa-se que a maior ou menor atratividade econômica para implantação das tecnologias avaliadas está diretamente ligada à configuração da cada usina ou destilaria. Dados operacionais que caracterizassem os clientes potenciais das tecnologias, principalmente no que diz respeito às diferenças regionais, permitiriam avaliar com maior detalhe as oportunidades de implantação de acordo com a localização de cada planta. No entanto, a falta destes dados de forma estruturada e confiável limitaram as análises deste quesito. Evidencia-se, portanto, a necessidade de realização de estudos de viabilidade individuais de forma a sustentar a decisão pela implantação de cada tecnologia.

Com o intuito de apresentar a sensibilidade dos principais parâmetros operacionais que podem variar de acordo com a usina ou localização da planta, foi inserido no laudo de viabilidade econômica de cada tecnologia um tópico que evidencia as alterações dos resultados financeiros de acordo com as variações destas premissas. Quando possível, foram feitas considerações sobre as vantagens e desvantagens tomando como base, as diferenças regionais conhecidas e descritas neste tópico.

4 Avaliação Econômica Financeira

Foram analisadas 11 (onze) tecnologias que passaram pela fase de viabilidade técnica. Estas tecnologias foram agrupadas em cinco categorias, conforme mostra tabela abaixo.

Tabela 4 - Tecnologias avaliadas

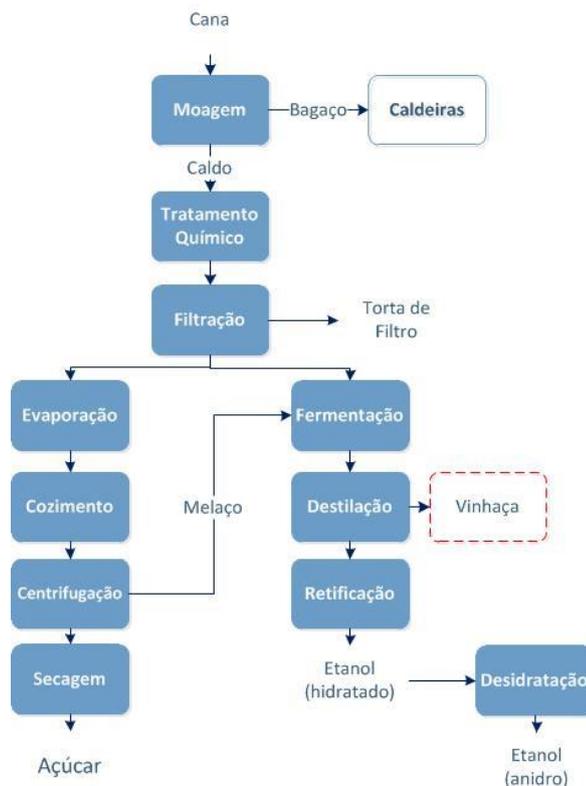
Categoria	Tecnologia	Proponente
Tratamento da vinhaça	SCBCS ZLD	TabVlae
	BIOFOM	Dedini
	Tratamento de efluentes e águas residuárias	Meri Sistemas
	Aquex Vinasse SAB	Vibria
	Compress	Grupo Exal
Uso de palha para fins energéticos	SLC	Dedini
	Sistema FBT	Vibria
Fermentação do mostro concentrado	ECOFERM	Dedini e Fermentec
Produção Integrada à cadeia Sucroenergética de Bioprodutos a partir de Algas	See Algae Technology (SAT)	See Algae Technology (SAT)
Vários grupos de aplicação	USD	Dedini

Fonte: Elaboração própria

4.1 Tratamento da Vinhaça

A Vinhaça é um efluente líquido derivado da destilação do vinho, que é resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou melaço, processo esse que ocorre na produção de etanol como pode ser observado no fluxograma abaixo (CETESB / P4.231 /dez./06).

Figura 2 - Fluxo Sintético de Produção de Açúcar e Bioetanol de Cana

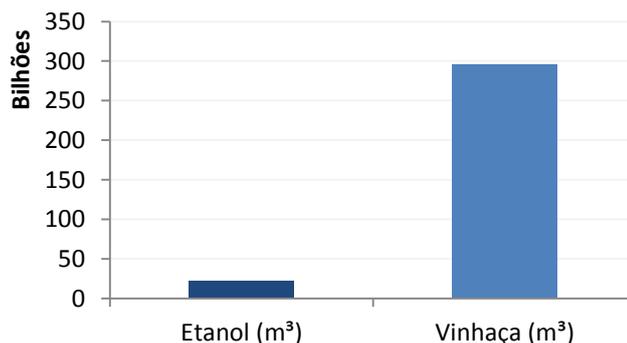


Fonte: Elaboração Própria.

A vinhaça é produzida a uma razão de 10 (dez) a 14 (quatorze) litros por litro de bioetanol (IAA/CENAL), o que depende das características da cana e do solo analisados. Em sua composição, se destaca um elevado teor de potássio, em média 2kg por m³, e matéria orgânica, no entanto é relativamente pobre nos demais nutrientes.

Ao considerar a produção nacional de etanol na última safra (2011/2012) de 22.682 milhões de m³ de etanol e uma razão de 13 (treze) m³ de vinhaça para cada m³ de etanol, é possível avaliar o enorme volume de vinhaça produzida que chega a 294.860 milhões de m³. Esse grande volume de vinhaça possui em sua composição aproximadamente 589,71 milhões de toneladas de Potássio.

Gráfico 8 - Produção de Etanol Total, Brasil - Safra 2011/2012



Fonte: UNICA, ALCOPAR, BIOSUL, SIAMIG, SINDALCOOL, SIFAEG, SINDAAF, SUDES e MAPA.

Devido a estas grandes proporções, a vinhaça é o mais importante efluente líquido da agroindústria da cana. A destinação da vinhaça tem sido ponto de discussão permanente, no início do PróAlcool a vinhaça *in natura* era lançada em lagoas de acumulação ou diretamente nos rios, não se importando no que isso resultaria para as comunidades circunvizinhas e gerando problemas de diversas ordens, em decorrência da poluição ambiental.

A partir de 1978, esses problemas têm sido atenuados por meio da fertirrigação da vinhaça nos canais, aproveitando a água, o potássio, a matéria orgânica e outros nutrientes no plantio da cana, o que substitui parcela da necessidade de compra de fertilizantes químicos.

O uso de sistemas de fertirrigação, no entanto, é limitado pelos custos de armazenagem, transporte e aplicação da vinhaça, que variarão de acordo com o método de fertirrigação escolhido, da topografia e da distribuição das terras da usina. A área do canal fertirrigada será limitada pelo orçamento envolvido no sistema de fertirrigação, ou seja, custos elevados para aplicação da vinhaça na área de cultivo inviabilizam essa operação, já que a compra e aplicação de fertilizantes químicos pode apresentar investimentos e custos inferiores. Sendo assim, o percentual da área de cultivo que recebe a vinhaça pode variar bastante. Há usinas que viabilizam um sistema de fertirrigação com abrangência de 70% do canal e outras com valores bem menores.

Podem ser citados como formas de transporte e aplicação da vinhaça o uso de dutos, caminhões, barras irrigadoras, canhões de irrigação e outros.

Figura 3 - Aplicação da Vinhaça no Canal com Aspensor (canhão)



Ao considerar que o solo possui uma demanda de potássio que varia de acordo com a área de cultivo e que nem toda esta área pode ser fertirrigada, é possível inferir que grandes excedentes de vinhaça podem ser aplicados no solo e por consequência potássio. A aplicação descontrolada de vinhaça no solo pode resultar na lixiviação dos nutrientes e até mesmo na contaminação de águas subterrâneas.

A legislação ambiental referente ao uso da vinhaça tem evoluído. Em 2005, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo divulgou uma norma técnica sobre os critérios e procedimentos para aplicação, movimentação e disposição da vinhaça em solo agrícola [SMA (2005)]. Essa norma

estipula, principalmente, medidas de proteção das águas superficiais e subterrâneas, exigindo impermeabilização de tanques de armazenamento e canais de distribuição do resíduo, locais passíveis de aplicação e a dosagem adequada para cada solo.

Independentemente dos resultados alcançados com a fertirrigação, subsiste o interesse em aproveitar por completo o potencial de uso da vinhaça que ainda pode ser utilizada na geração de energia, na produção de ração animal, na geração de Biogás e outros. Procura-se otimizar o uso da vinhaça de forma a aumentar o rendimento agrícola, reduzir investimentos e custos para armazenagem, transporte e aplicação deste efluente e, ainda, para diminuir os gastos com a aquisição de fertilizantes químicos. Além disso, é necessário mitigar todos os riscos ambientais envolvidos na destinação da vinhaça, o que ainda gera grande preocupação devido aos grandes volumes de vinhaça produzidos a cada safra.

Diversas tecnologias que permitem o tratamento da vinhaça, resultando em: ganho de eficiência econômica na realização de fertirrigação, geração de biogás (inclusive para uso veicular), produção de fertilizantes e geração de energia elétrica foram inscritas neste Programa do Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior. Cabe avaliar se a implementação dessas tecnologias nas usinas de açúcar e etanol é viável economicamente.

A seguir são apresentadas estas tecnologias, incluindo comentários sobre suas possibilidades e limitações.

4.1.1 SCBCS ZLD

4.1.1.1 Descrição do Processo

A tecnologia SCBCS ZLD, indicada pela TabVlae, propõe o serviço de tratamento da vinhaça como seu produto principal. A atividade consiste em recuperar a água para reúso industrial que está contida na vinhaça e obter um adubo organo-mineral natural rico em potássio na sua forma seca e que pode ser aplicado no campo diretamente. O serviço será executado no local junto da destilaria de etanol com capacidade de processamento contínuo da vinhaça.

Por meio de sistemas de operações unitárias de ultra-filtração, osmose reversa, evaporação e secagem obtém-se a água e o fertilizante seco. O sistema funciona de forma integrada e é operado com automação para unidades de produção de etanol de grande porte. A vinhaça seca será armazenada localmente para utilização na sua época correta ou revendida.

4.1.1.2 Modelo Comercial

A tecnologia será implementada no mercado dentro de um modelo de prestação de serviços no qual os equipamentos são financiados por terceiros, operados pela TabVlae e possivelmente, após longo prazo de contrato de prestação dos serviços, a propriedade poderá ser transferida para o dono da Usina.

Este modelo é chamado de BOT ou BOO, “*build, operate and transfer*” ou o “*build, operate and own*”. Dadas as características do avanço tecnológico proposto, sua aplicação em larga escala demandaria profundo conhecimento de todas as tecnologias envolvidas, como mencionado anteriormente. O investimento associado para isso exigiria tempo e necessariamente parcerias com grupos internacionais. O modelo proposto fornece este tempo para que a indústria nacional verticalize e nacionalize a produção dos componentes utilizados e minimiza o risco de perda de controle da inovação, isto é, o conhecimento da integração destas mesmas tecnologias hoje ignorado.

O sistema BOT permite que as unidades sejam instaladas com baixo custo direto para a usina que recebe o equipamento, aufere redução nos seus custos logísticos e não onera sua grade de compras de fertilizantes. A estratégia comercial recupera o desperdício de valor intrínseco da fertilização como moeda para pagamento do investimento e seu inerente custo de capital.

As condições contratuais, no entanto, determinam um volume médio mínimo de vinhaça processado por hora. Acima deste mínimo, a usina teria liberdade de decidir o volume que será processado. Os custos para usina com a aquisição da tecnologia estão atrelados ao pagamento pelo serviço de processamento da vinhaça e à compra do fertilizante produzido pela TabVlae precificado pelo valor de mercado de seus nutrientes.

4.1.1.3 Ganhos incrementais potenciais

O SCBCS ZLD gera a oportunidade de 04 (quatro) ganhos incrementais frente aos processos atuais.

- **Redução do custo de captação de água**

A tecnologia da TabVlae recupera quase toda a água contida na vinhaça, permitindo sua reutilização nos processos industriais e reduzindo, por consequência, o volume e custos de captação de água.

O uso de água no processo industrial é relativamente alto. Nas condições do Centro-Sul brasileiro, a captação está em torno de 1,8 m³ por tonelada de cana processada, mas vem se reduzindo de modo significativo como resultado da implantação de medidas de reuso, que permitem reduzir tanto o nível de captação quanto a disposição de água tratada (BNDES e CGEE – Bioetanol de Cana-de-Açúcar, Energia para o Desenvolvimento Sustentável, 1ª Edição – Rio de Janeiro, Novembro 2008)

É importante considerar que a aplicação do adubo organo-mineral seco no canavial, em detrimento da vinhaça, pode causar o efeito negativo por motivo da diminuição da irrigação, ocasionando a queda do rendimento agrícola.

- **Substituição do fertilizante mineral**

A aplicação do adubo organo-mineral no canavial, ao invés da vinhaça, pode viabilizar economicamente a aplicação do potássio (K₂O) em áreas antes não atingidas pela fertirrigação. Isso reduz a necessidade de compra do adubo mineral (KCL).

- **Venda do adubo organo-mineral**

Dependendo das condições da safra e da usina, o volume de fertilizante gerado pode exceder as necessidades do canavial. Nesse caso, existe a possibilidade de estoque ou venda do adubo.

Contudo, não se trata de um ganho economicamente atrativo, uma vez que a usina paga pelo fertilizante produzido pela TabVlae o valor de mercado de seus nutrientes.

- **Redução do custo de transporte e aplicação da vinhaça**

A vinhaça tem um volume considerável de nutrientes essenciais ao desenvolvimento da cana, principalmente o potássio. Contudo, estes nutrientes estão muito diluídos no composto, tornando muito caro, ou até inviável seu transporte até canaviais mais afastados da usina.

A secagem da vinhaça permite, portanto, grandes economias no que diz respeito ao transporte e aplicação do potássio no canavial, fazendo com que esta seja a principal vantagem desta tecnologia.

4.1.1.4 Avaliação Econômica Financeira

4.1.1.4.1 **Modelo de Avaliação**

O potássio é um dos principais nutrientes necessários para o crescimento vegetal e é encontrado na vinhaça em teores elevados, no entanto, as dificuldades na aplicação da vinhaça *in natura* na área de cultivo limitam o uso desta enorme fonte potássica na cultura da cana-de-açúcar. É comum a compra e aplicação de potássio mineral no canavial, o que agrega custos para aquisição, transporte e aplicação desse nutriente no campo. Por outro lado, em alguns casos, o potássio é aplicado em excesso em áreas próximas da usina, por meio da aplicação indiscriminada da vinhaça, ou eleva expressivamente os custos da usina para aplicar a vinhaça em áreas mais afastadas. A configuração de uma usina frente às características do solo, qualidade da cana, rendimento agrícola, *mix* de produção, cana de terceiros e diversos outros fatores podem influenciar na demanda de potássio da cultura e na oferta deste nutriente na vinhaça.

A cultura da cana demanda outros fertilizantes e na composição da vinhaça ainda podem ser encontrados outros nutrientes, matéria orgânica e água. No entanto, os ganhos incrementais atribuídos à implantação da tecnologia SCBCS ZLD, quando mensurados a partir da demanda e da oferta de potássio na área de cultivo, demonstram um potencial superior e por esse motivo são o foco da avaliação econômica – financeira. Dessa forma, o modelo de avaliação construído pode mensurar os seguintes ganhos a partir da implantação do processo tecnológico:

- Redução nos custos de aquisição, transporte e aplicação de fertilizante potássico mineral. As compras de fertilizante de fornecedores podem diminuir em função de um aproveitamento mais eficiente do potássio presente na vinhaça;

- Redução no custo de transporte e aplicação da vinhaça, que será insumo para um adubo organomineral, rico em potássio e seco, o que possibilita a sua aplicação no campo por menores custos, principalmente pela redução do volume.

Como citado anteriormente, existem outras possibilidades de ganhos e até mesmo perdas que por serem de menor expressividade, não foram considerados no modelo de avaliação, como é o caso da redução no custo de captação da água, alterações no rendimento agrícola e outros fatores. Dado o modelo comercial adotado pela empresa proponente em que a usina tem que comprar todo o adubo organomineral produzido a preços de mercado, em caso de produção excedente, não foi considerada a possibilidade de venda do adubo. Sendo assim, há uma formação de estoque nestes casos. Estes cenários são detalhados na análise de sensibilidade realizada e todas as exclusões do modelo são tratadas em tópico específico adiante.

4.1.1.4.2 Projeção do Fluxo de Caixa Incremental

Para a estruturação do fluxo de caixa incremental decorrente da implantação da tecnologia proposta, foram realizadas projeções a partir de uma análise comparativa entre os fluxos de caixa de duas usinas ou destilarias que serão chamadas apenas de usina no texto para simplificar a descrição.

A primeira usina recebe uma configuração considerada padrão, de forma a refletir as práticas para tratamento da vinhaça atualmente encontradas na maior parte das usinas brasileiras. E a segunda é uma usina com a tecnologia SCBCS ZLD implantada e em operação. São comparados os custos decorrentes da manutenção da demanda de potássio da área de cultivo com cana própria de ambas as usinas. O fluxo de caixa incremental é resultante da diferença encontrada entre os fluxos de caixa de cada usina.

As duas usinas comparadas possuem a mesma configuração quanto ao volume e mix de produção, cana de terceiros, características do solo, dados de rendimento agrícola e outros. A única diferença se encontra no processo adotado para destinação da vinhaça no campo. A usina padrão fertirriga a vinhaça *in natura* no campo e a usina com a tecnologia proposta produz o adubo organomineral a partir da vinhaça que, posteriormente, é aplicado no campo, podendo também fertirrigar parte da vinhaça *in natura*. A usina com a tecnologia em operação aplica conceitos da chamada agricultura de precisão, onde por meio de análises específicas procura-se aplicar no solo a dose ideal de potássio, neste caso. Ambas as usinas compram fertilizante mineral potássico, quando o potássio presente na vinhaça não é suficiente para a manutenção da quantidade exigida pelo solo.

O tópico a seguir apresenta as premissas adotadas no Cenário Base que são compartilhadas pelas duas usinas comparadas. As premissas assumidas são referência para todas as safras projetadas, ou seja, não há variação dos parâmetros ao longo da projeção.

4.1.1.4.3 Premissas Gerais

Foi considerada uma safra com duração de 210 dias que corresponde à média aritmética simples da duração mínima e máxima informada pela STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, e ainda o funcionamento de uma usina com produção mista durante 24 (vinte e quatro) horas.

A usina mista adotada no Cenário Base de avaliação destina 60% da cana de açúcar processada para a produção de etanol e os 40% restantes para açúcar, 60% da cana-de-açúcar processada na usina é própria e o restante é de terceiros, ou seja, a cana é comprada de um fornecedor. Quanto maior for a quantidade de cana de terceiros no modelo, mais excedente de vinhaça e conseqüentemente de potássio é gerado, considerando os demais parâmetros constantes. Ao processar a cana e produzir etanol, a vinhaça é gerada, no entanto, no caso da cana de terceiros a área de cultivo de origem não é da usina e, por isso, não é fertirrigada no modelo adotado.

A demanda de potássio da área de cultivo foi definida em 150kg de potássio por hectare, a variabilidade deste parâmetro respeita um máximo de 185kg de potássio por hectare, dose máxima de aplicação deste nutriente calculada em função do teor de potássio presente na vinhaça, limitando em 5% a capacidade de troca de cátions do solo ocupada por íons de potássio [Bertoncini (2008)]. Este valor é estipulado pela norma técnica sobre os critérios e procedimentos para aplicação, movimentação e disposição da vinhaça em solo agrícola, divulgada pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo [SMA (2005)]. Sabe-se que a demanda de potássio do solo pode variar de acordo com a área do canavial, principalmente nas áreas que recebem grandes volumes de vinhaça fertirrigada até a implantação da tecnologia. Foi assumida uma média para toda a área de cultivo para simplificar a avaliação.

Os valores de produtividade e rendimento definidos são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 5 - Premissas Gerais de Rendimento

Premissa	Unidade de Medida	Valor ¹	Fonte
Rendimento Agrícola da Cana-de-Açúcar	tc/ha	69,80	CONAB.
Rendimento de Etanol - Caldo direto	l/tcp	78,79	CONAB.
Produção de Etanol - Melaço	l/tcp	20,00	BNDES e CGEE.
Rendimento de Açúcar	kg/tcp	128,60	CONAB.
Relação Vinhaça/ Etanol	m ³ /m ³	12,5	IAA/CENAL.

¹ Média Brasil.

Optou-se por estratificar o rendimento do etanol produzido por meio do melaço e o etanol produzido com o caldo direto com o objetivo de simplificar os cálculos do modelo. Procurou-se captar a produção adicional de etanol com o uso do melaço e ainda as alterações na concentração de potássio na vinhaça decorrentes, que serão destacadas adiante.

Para definição do volume de produção padrão, foi considerada uma produção de 600m³ de etanol por hora em um cenário onde 100% da cana-de-açúcar é utilizada para a produção de etanol. No entanto, como citado anteriormente, no Cenário Base de avaliação a usina destina 60% da cana de açúcar processada para a produção de etanol. A partir das demais premissas supracitadas, foi adotado o Plano de Safra a seguir.

Tabela 6 - Plano de Safra

Plano de Safra		
Identificação	Unidade de Medida	Total
Área Cultivada	ha	22.911
Canavial Próprio	ha	13.747
Canavial de Terceiros	ha	9.164
Cana Processada	t	1.599.188
<i>Para Etanol</i>	t	959.513
<i>Para Açúcar</i>	t	639.675
Produção de Etanol	m ³	88.394
<i>Caldo Direto</i>	m ³	75.600
<i>Melaço</i>	m ³	12.794
Produção de Açúcar	t	82.262
Volume de Vinhaça	m ³	1.104.919

Fonte: elaboração própria

Para caracterização da vinhaça gerada a partir da produção de etanol no modelo é necessário inicialmente avaliar a relação deste parâmetro com outras premissas adotadas. A concentração de potássio na vinhaça varia de acordo com o volume de melaço utilizado para a produção de etanol, sendo assim, quanto mais açúcar a usina produzir, mais melaço será gerado e ao final maior a quantidade de potássio disponível. A concentração de potássio na vinhaça também tem uma relação direta com a quantidade total de sólidos nessa substância, que tende a ser maior, quanto maior a concentração de potássio. Considerando a premissa de 40% da cana processada para a produção de açúcar, a concentração de potássio na vinhaça é de 3,34kg/m³. Neste cenário, a vinhaça possui 4,45ºBRIX. Todos os valores adotados estão próximos dos intervalos apresentados na tabela abaixo, sendo que a quantidade total de sólidos na vinhaça varia de 28,7kg até 62,8kg por m³ de vinhaça.

Tabela 7 - Concentração de Potássio (K₂O) na Vinhaça

Premissa	Unidade de Medida	Valor ¹	Fonte
Caldo Misto - Destilaria	kg/m ³	De 1,20 a 2,10	CTC.
Caldo e Melaço - Usina Mista	kg/m ³	De 3,34 a 4,60	CTC.

¹ Média Brasil.

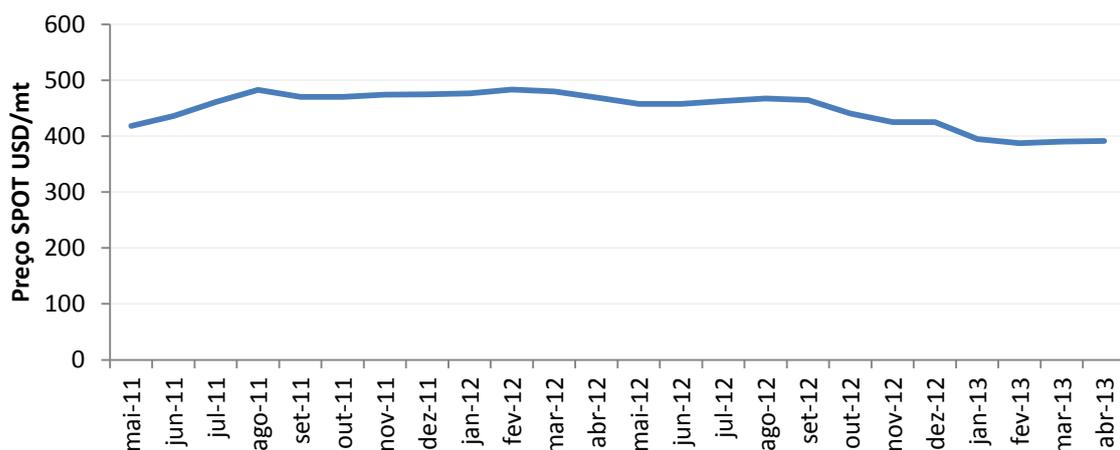
Fonte: elaboração própria

Outro importante fator se refere ao custo de fertirrigação da vinhaça no campo que é utilizado tanto para a usina padrão quanto para a usina com a tecnologia proposta pela empresa TabVlae, que pode optar por fertirrigar certo volume da vinhaça e utilizar o restante para a produção do adubo organomi-

neral. Este parâmetro varia em função de diversos fatores como a distância entre a área de aplicação da vinhaça e a usina, o volume de vinhaça gerado, a quantidade de vinhaça aplicada por hectare, o tipo de sistema de fertirrigação utilizado (caminhões, dutos, canais, etc) e outros fatores. Para fins de simplificação do modelo foi adotado um custo médio de fertirrigação da vinhaça *in natura* por m³. Essa variável é extremamente sensível ao resultado como será demonstrado na análise de sensibilidade realizada. O valor utilizado no Cenário Base é de R\$6,00/m³ de vinhaça *in natura*. As principais referências utilizadas para esse parâmetro são artigos acadêmicos que revelam dados de casos de usinas em específico e os valores informados pela empresa proponente levantados em pesquisas de mercado realizadas. Os valores encontrados variam de R\$3,37 a R\$11,18 por m³ de vinhaça. Estes valores incluem toda a manutenção, pessoal e outros custos necessários para armazenar, transportar e aplicar a vinhaça na área pretendida. A parcela da área de cultivo própria fertirrigada no modelo pode ser diferente na usina padrão e na usina com a tecnologia. Contudo, o tamanho da área fertirrigada na usina com a tecnologia proposta em operação, nunca é maior que esta mesma área na usina padrão.

Como já mencionado, existem diversos cenários em que a usina necessita comprar um fertilizante potássico mineral para aplicação no canavial, sendo assim foi necessário definir um preço de referência para um fertilizante que pode substituir o adubo organomineral. Para a definição deste valor foi analisada a cotação do preço do potássio fornecida pelo Banco Mundial e os valores informados pela empresa proponente. A cotação em dólares americanos do cloreto de potássio no mercado Spot variou entre USD387,50 e USD483,00 de maio/2011 a abril 2013. A média neste mesmo período é de USD448,27. Este valor não inclui as despesas com frete, seguros e outros gastos para que o fertilizante chegue até a Usina.

Gráfico 9 - Preço SPOT do Cloreto de Potássio (KCl)



Fonte: Commodity Markets Review - World Bank Report

O valor assumido no Cenário Base foi informado pela empresa proponente da tecnologia e segue na tabela a seguir:

Tabela 8 - Preço do Fertilizante KCl

	R\$/t
Preço Fertilizante (KCl)	1.350

Fonte: TabVlae.

Vale salientar que os preços supracitados se referem ao cloreto de potássio, ou seja, o preço por tonelada não se refere a uma tonelada de potássio. Além de comprar o fertilizante mineral, a usina incorre em custos para transporte e aplicação destes complementos no solo. Este mesmo custo é considerado para o transporte do adubo organomineral e foi definido em R\$3,00 por tonelada, valor informado pela empresa proponente.

Foi considerado que ambas as usinas em análise adotam o regime tributário pelo Lucro Real. A redução de despesas aumenta a base tributável e, por isso, os ganhos com essa redução são deduzidos dos seguintes tributos.

Tabela 9 - Carga Tributária Incidente

Tributo	Alíquota
CSLL	9%
IRPJ ¹	25%

4.1.1.4.4 Premissas da Usina Padrão

Como mencionado, a usina padrão aplica a vinhaça *in natura* na área de cultivo própria por meio de sistemas de fertirrigação. Foi adotada a premissa de que todo o volume de vinhaça gerado é fertirrigado e para o Cenário Base, 25% da área de cultivo própria é fertirrigada.

Não são considerados no modelo investimentos para a implantação ou ampliação do sistema de fertirrigação, ou seja, a usina já possui toda a estrutura necessária para esse processo e o continuaria utilizando no período de projeção analisado.

Salienta-se que o modelo considerou como únicas fontes de potássio para o canavial a vinhaça e o fertilizante mineral KCL. Contudo, em menor proporção, existem outras fontes de potássio na usina como a torta de filtro e/ou cinzas das caldeiras. Esses outros resíduos também podem ser fertilizados no canavial, mas esta prática não foi considerada na Usina Padrão do modelo.

¹ A alíquota utilizada inclui os 10% de IRPJ incidentes sobre a parcela do lucro real que exceder ao resultado da multiplicação de R\$20.000,00 (vinte mil reais) pelo número dos meses do respectivo período de apuração. Como a tributação envolvida na avaliação inclui todo o resultado da usina, optou-se por utilizá-la sobre todo o resultado.

4.1.1.4.5 Premissas da Usina com a Tecnologia SCBCS ZLD

Dado o modelo de comercialização da tecnologia, os únicos investimentos da usina para a implantação da tecnologia incluem um terreno próximo à destilaria e sua terraplanagem, acesso à vinhaça e outras utilidades. A área de produção necessária é de 3.600 m² (para a base de 250 m³ vinhaça por hora). Segundo a TabVlae, este valor suportado pela usina pode chegar a no máximo R\$ 1 (um) milhão, mas varia muito de acordo com o leiaute da planta. Dessa forma o Capex considerado no Cenário Base foi de R\$1.000.000,00 contemplando os itens supracitados. Com exceção do terreno com o valor considerado de R\$30.000,00, o Capex é depreciado linearmente durante 10 (dez) anos. A depreciação é ainda deflacionada por se tratar de um fluxo constante, sem previsão de inflação. Ao final do fluxo é considerado o valor residual do terreno no mesmo montante do investimento realizado.

Segundo o modelo de comercialização da tecnologia, todos os outros investimentos e custos de operação e manutenção da unidade de tratamento da vinhaça são responsabilidade da TabVlae. Nesse sentido, os únicos custos suportados pela usina referem-se ao pagamento pelos serviços da TabVlae, que se dão de duas formas: uma pelo volume de vinhaça tratada e outro pelo volume do adubo seco produzido. Estes valores são negociados com a empresa proponente de acordo com o cenário da usina, os valores adotados são apresentados na tabela abaixo e foram informados pela TabVlae.

Tabela 10 - Preços TabVlae

	R\$
Processamento da Vinhaça	2,70/m ³
Adubo Organomineral	2,13/kg

Fonte: TabVlae

O preço do adubo organomineral é equivalente ao preço de mercado do cloreto de potássio (kcl), considerando que este tem 63,15% de potássio (k₂O). A TabVlae define volumes mínimos de vinhaça a serem processados, que variam de acordo com o processo de negociação e características da usina. Como referência mínima foi informado um valor de 125m³ de vinhaça por hora processada pela TabVlae.

O Adubo organomineral resultante do processo tecnológico possui 7,5% de potássio no Cenário Base. Esse valor varia de acordo com a concentração de potássio e a quantidade total de sólidos na vinhaça, parâmetros explicados em tópico anterior deste relatório.

É considerado um período de um ano para implantação da tecnologia e início da operação. O investimento é realizado no primeiro ano e a partir do segundo ano com o início da operação da tecnologia, os ganhos ou perdas são computados.

4.1.1.4.6 Fluxo de Caixa Descontado e Resultados Cenário Base

A definição do cenário base avaliou o melhor resultado considerando o valor presente líquido e a referência mínima informada pelo proponente de 125m³ de vinhaça por hora sendo processados.

Como pode ser observado na figura abaixo, ao assumir as premissas supracitadas e variar apenas o volume de vinhaça processado, os resultados são piores nos extremos, próximos de 0% e 100% da vinhaça processada. Com esses resultados, ficou definido que no Cenário Base, cerca de 57% de toda a vinhaça gerada pela usina na produção de etanol, é processada pela tecnologia proposta.

Figura 4 - VPL e Volume de Vinhaça Processado

Percentual da vinhaça processada (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Vinhaça Processada (m ³ /h)	0	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110	121	132	142	153	164	175	186	197	208	219
VPL R\$ Milhões	-0,97	0,00	0,79	1,58	2,37	3,16	3,95	4,74	5,53	5,24	4,29	3,34	2,39	1,44	0,49	-0,48	-1,91	-3,35	-4,83	-6,32	-7,82

Ref. Vol. Mínimo de Vinhaça Processado - TabVlae

Como destacado o volume mínimo de vinhaça processado pela TabVlae é avaliado em cada caso e deverá ser definido junto a empresa. O valor mínimo considerado é apenas uma referência que não necessariamente representa o volume a ser indicado para este cenário. Dessa forma, não é possível confirmar que a empresa proponente aceitaria o volume considerado para este cenário.

Cabe salientar que o volume de vinhaça não processado é fertirrigado, considerando uma área máxima igual a área fertirrigada pela usina padrão, ou seja, antes da implantação da tecnologia. Caso o volume de vinhaça fertirrigado com a implantação da tecnologia seja inferior ao que era anteriormente (Usina Padrão), a área fertirrigada é definida procurando-se atender a quantidade exata de potássio demandada (agricultura de precisão).

Com a definição deste último parâmetro é possível avaliar os resultados encontrados.

Tabela 11 - Fluxo de Caixa Descontado Cenário Base

Fluxo de Caixa Descontado	2013	2014	2017	2020	2023
Redução/Aumento nos Custos com Fertilizante Mineral	-	3.308.490	3.308.490	3.308.490	3.308.490
Redução/Aumento nos Custos de Transporte e Aplicação da Vinhaça	-	(2.474.485)	(2.474.485)	(2.474.485)	(2.474.485)
= Redução/Aumento Total	-	834.004	834.004	834.004	834.004
(-) Depreciação	-	(89.521)	(77.926)	(67.949)	(61.193)
(-) Despesas Financeiras	-	-	-	-	-
= EBIT	-	744.483	756.078	766.055	772.811
(-) IR	-	(186.121)	(189.020)	(191.514)	(193.203)
(-) CSLL	-	(67.003)	(68.047)	(68.945)	(69.553)
= LL	-	491.359	499.012	505.596	510.055
(+) Depreciação	-	89.521	77.926	67.949	61.193
Valor Residual	-	-	-	-	30.000
(-) Investimentos	(1.000.000)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	-	-	-	-	-
(-) Amortizações	-	-	-	-	-
= FCFE	(1.000.000)	580.880	576.938	573.546	601.249
= Saldo de Caixa	(1.000.000)	(419.120)	1.315.389	3.039.449	4.785.333
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>4,5</i>	<i>7,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,50%</i>	<i>7,27%</i>	<i>6,85%</i>	<i>6,85%</i>	<i>6,92%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,74</i>	<i>0,61</i>	<i>0,50</i>
Valor Presente (FC)	(968.997)	522.812	428.261	349.013	297.686
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(968.997)	(446.185)	922.144	2.045.047	2.969.370

Conforme detalhado nos aspectos metodológicos deste trabalho, o Custo de Capital Próprio – Ke, é calculado considerando um sistema dinâmico de taxas. O ke real calculado, descontada a inflação, é de 6,95% ao ano.

Dado o baixo volume de investimentos necessários e em função disso, a baixa sensibilidade do percentual de alavancagem financeira do projeto, optou-se por não incrementar o projeto com capital de terceiros.

No cenário apresentado são verificados os seguintes resultados.

Tabela 12 - Resultados Cenário Base

VPL (R\$)	2.969.370
TIR a.a.	57,27%
MTIR a.a.	23,39%
Payback Financeiro	2 Anos e 9 Meses
Payback Econômico	2 Anos e 11 Meses

Fonte: elaboração própria

Chama a atenção que ao final de cada safra são formados estoques de adubo organomineral no valor de 7.436 toneladas. Essa informação revela que no cenário base estruturado, a usina não precisa comprar complemento de fertilizante potássico mineral, pois o potássio proveniente da vinhaça é suficiente para atender a demanda da área de cultivo própria. O acúmulo ou despacho desses estoques pode agregar custos que não foram agregados. O excesso de potássio em relação à demanda total deste nutriente no canavial próprio prejudica os resultados do modelo, pois mesmo sem utilizar parcela do adubo organomineral produzido pela empresa proponente, a usina paga a TabVlae por toda vinhaça processada e todo o adubo produzido. Como comentado anteriormente, a venda do adubo não foi considerada, pois o preço de compra é igual ao preço de mercado do produto, e a usina ainda incorreria em despesas incrementais mínimas para a comercialização do mesmo. Ficou sinalizado pela empresa proponente a abertura na negociação de alguns fatores, tratados caso a caso, para melhorar a atratividade do modelo para a usina em cenários de formação de estoques de adubo.

4.1.1.4.7 Cenário Empresa Proponente

Além do cenário base analisado, foi estruturado um cenário onde a maior parte das premissas assumidas foram informadas pela empresa proponente no questionário enviado e em documentos complementares recebidos. Os parâmetros indicados na tabela abaixo foram alterados para a estruturação deste cenário, todas as demais premissas assumidas são iguais as apresentadas no Cenário Base.

Tabela 13 - Premissas Cenário Empresa Proponente

Alterações Cenário Empresa Proponente	
Premissa	Valor
Processamento da Cana-de-açúcar (tcp/h)	278,92

Produtividade por hectare plantado (tc/ha)	75,00
Cana própria (%)	100,00
Canavial Próprio Fertirrigado (%)	33,00
Concentração de potássio na vinhaça (kg/m ³)	1,94
Demanda de potássio média do solo (kg/ha)	185,00
Percentual da vinhaça processada (%)	90,00
Produção Etanol % tcp	100,00
Custo de Transporte e Aplicação da Vinhaça (R\$/m ³)	6,40
Duração da Safra em dias	220
Produção de Etanol - Caldo direto (l/tcp)	84,4
Relação Vinhaça e Etanol (m ³ /m ³)	11,80
Sólidos totais na vinhaça (°Brix)	3,00
Preço do m ³ de vinhaça processada (R\$/m ³)	3,30

Fonte: elaboração própria

A partir da configuração criada o fluxo de caixa projeto foi estruturado e é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 14 - Fluxo de Caixa Descontado Cenário Empresa Proponente

Fluxo de Caixa Descontado	2013	2014	2017	2020	2023
Redução/Aumento nos Custos com Fertilizante Mineral	-	3.522.603	3.522.603	3.522.603	3.522.603
Redução/Aumento nos Custos de Transporte e Aplicação da Vinhaça	-	(1.493.084)	(1.493.084)	(1.493.084)	(1.493.084)
= Redução/Aumento Total	-	2.029.519	2.029.519	2.029.519	2.029.519
(-) Depreciação	-	(89.521)	(77.926)	(67.949)	(61.193)
(-) Despesas Financeiras	-	-	-	-	-
= EBIT	-	1.939.998	1.951.593	1.961.570	1.968.326
(-) IR	-	(484.999)	(487.898)	(490.392)	(492.081)
(-) CSLL	-	(174.600)	(175.643)	(176.541)	(177.149)
= LL	-	1.280.398	1.288.051	1.294.636	1.299.095
(+) Depreciação	-	89.521	77.926	67.949	61.193
Valor Residual	-	-	-	-	30.000
(-) Investimentos	(1.000.000)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	-	-	-	-	-
(-) Amortizações	-	-	-	-	-
= FCFE	(1.000.000)	1.369.920	1.365.977	1.362.585	1.390.288
= Saldo de Caixa	(1.000.000)	369.920	4.471.547	8.562.726	12.675.730
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>4,5</i>	<i>7,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,50%</i>	<i>7,27%</i>	<i>6,85%</i>	<i>6,85%</i>	<i>6,92%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,74</i>	<i>0,61</i>	<i>0,50</i>
Valor Presente (FC)	(968.997)	1.232.975	1.013.965	829.158	688.351
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(968.997)	263.978	3.499.530	6.164.028	8.342.928

Fonte: elaboração própria

Como pode ser observado na tabela abaixo, os resultados neste cenário são expressivamente melhores que no Cenário Base. Essa grande diferença é explicada principalmente pelo maior equilíbrio entre a demanda total de potássio da área de cultivo própria e o potássio disponível na vinhaça. Neste cenário, todo o adubo organomineral é consumido na usina e ainda é necessário um complemento de potássio de 787 toneladas por meio da compra de 1.247 toneladas de fertilizante mineral (KCl).

Tabela 15 - Resultados Cenário Empresa Proponente

VPL (R\$)	8.342.928
TIR a.a.	136,87%
MTIR a.a.	34,13%
Payback Financeiro	1 Anos e 9 Meses
Payback Econômico	1 Anos e 9 Meses

Fonte: elaboração própria

4.1.1.4.8 Análise de Sensibilidade

Existe uma grande dificuldade em se definir um modelo de usina ou destilaria que represente a realidade da indústria no Brasil. Cada unidade industrial possui peculiaridades que podem gerar grande variabilidade nos resultados da tecnologia. A avaliação deste tipo de investimento deve ser realizada a partir dos dados da própria usina que pretende implantar o novo processo tecnológico. Levando-se em consideração as grandes variabilidades que podem ocorrer, foram selecionados os principais parâmetros do modelo para avaliar a sensibilidade destas variáveis no resultado da tecnologia. Os resultados apresentados assumem apenas a alteração dos parâmetros em análise, todas as demais premissas permanecem como detalhado no Cenário Base de avaliação.

Tabela 16 - Análise de Sensibilidade do Volume de Cana Processada por Hora

tcp/h	VPL (R\$ Milhões)
100	0,39
200	1,57
300	2,75
400	3,94
500	5,12
600	6,30
700	7,48
800	8,66
900	9,84
1.000	11,02
1.100	12,21
1.200	13,39
1.300	14,57
1.400	15,75
1.500	16,93

Fonte: elaboração própria

Percebe-se que, mantida as demais premissas definidas, o modelo é escalável. Uma usina com maiores volumes de produção é capaz de otimizar os resultados, ao passo que quanto maior o volume, maior o VPL da tecnologia aplicada. Deverão ser analisadas junto a empresa proponente se o volume mínimo de processamento de vinhaça para cada escala é apropriado.

Tabela 17 – Análise de Sensibilidade do VPL - Parcela de Cana Própria e Rendimento Agrícola

	Produtividade por hectare plantado (tc/ha)																				
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
0	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)
10	(12,26)	(12,72)	(13,11)	(13,44)	(13,73)	(13,97)	(14,18)	(14,37)	(14,54)	(14,69)	(14,83)	(14,95)	(15,06)	(15,16)	(15,26)	(15,34)	(15,42)	(15,49)	(15,56)	(15,63)	(15,68)
20	(7,11)	(8,05)	(8,83)	(9,49)	(10,05)	(10,54)	(10,97)	(11,35)	(11,68)	(11,98)	(12,26)	(12,50)	(12,72)	(12,93)	(13,11)	(13,28)	(13,44)	(13,59)	(13,73)	(13,85)	(13,97)
30	(1,97)	(3,37)	(4,54)	(5,53)	(6,38)	(7,11)	(7,75)	(8,32)	(8,83)	(9,28)	(9,68)	(10,05)	(10,38)	(10,69)	(10,97)	(11,23)	(11,46)	(11,68)	(11,89)	(12,08)	(12,26)
40	1,95	0,71	(0,32)	(1,57)	(2,70)	(3,68)	(4,54)	(5,30)	(5,97)	(6,57)	(7,11)	(7,60)	(8,05)	(8,45)	(8,83)	(9,17)	(9,49)	(9,78)	(10,05)	(10,30)	(10,54)
50	5,34	3,80	2,51	1,42	0,49	(0,32)	(1,32)	(2,27)	(3,11)	(3,86)	(4,54)	(5,15)	(5,71)	(6,22)	(6,68)	(7,11)	(7,51)	(7,87)	(8,21)	(8,53)	(8,83)
60	8,22	6,88	5,34	4,04	2,92	1,95	1,10	0,35	(0,32)	(1,15)	(1,97)	(2,70)	(3,37)	(3,98)	(4,54)	(5,05)	(5,53)	(5,97)	(6,38)	(6,76)	(7,11)
70	8,22	8,22	8,17	6,65	5,34	4,21	3,22	2,35	1,57	0,87	0,25	(0,32)	(1,03)	(1,74)	(2,40)	(3,00)	(3,55)	(4,06)	(4,54)	(4,98)	(5,40)
80	8,22	8,22	8,22	8,22	7,77	6,47	5,34	4,34	3,46	2,66	1,95	1,30	0,71	0,17	(0,32)	(0,94)	(1,57)	(2,16)	(2,70)	(3,21)	(3,68)
90	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	7,46	6,34	5,34	4,45	3,64	2,92	2,26	1,65	1,10	0,59	0,12	(0,32)	(0,86)	(1,43)	(1,97)
100	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	7,23	6,24	5,34	4,53	3,80	3,13	2,51	1,95	1,42	0,94	0,49	0,07	(0,32)

Cana própria (%)

Fonte: elaboração própria

Quanto maior a produtividade por hectare plantado, maior a produção de álcool, vinhaça e conseqüentemente, maior a quantidade potássio disponível por hectare da área de cultivo própria. Quanto maior for esse indicador, maior será a possibilidade de criação de estoques de adubo organomineral, mantida a demanda de potássio do solo. Os resultados do VPL pioram devido aos grandes volumes de estoques de adubo criados, que oneram o fluxo de caixa em função dos custos cobrados pela empresa proponente para o processamento da vinhaça e para a produção de adubo que não é utilizado. A parcela de cana própria, por outro lado, atua na demanda de potássio que a usina deve atender, visto que a usina é responsável pela manutenção apenas da sua área de cultivo própria. A demanda do solo em si, não é alterada, mas como a área própria total aumenta, a demanda total de potássio também aumenta. Com maior demanda, menores excedentes de adubo organomineral são gerados e na medida em que a demanda e a oferta de potássio da vinhaça se aproximam, o VPL aumenta.

A parcela do canavial próprio fertirrigada na usina padrão atua diretamente nas despesas com fertilizante mineral potássico desta usina, quanto menor for a área fertirrigada com a vinhaça *in natura*, maiores são as despesas na compra de fertilizante mineral e melhor o resultado do fluxo de caixa incremental da tecnologia. Vale lembrar que independente da área fertirrigada, toda a vinhaça gerada é aplicada no canavial no modelo. O fato de a avaliação utilizar um custo médio de fertirrigação fixo, que não varia em função da distância em que a vinhaça é aplicada, gera uma imperfeição na leitura destes resultados. Na prática, aplicar a vinhaça em distâncias maiores geram custos de transporte por metro cúbico maiores. Sendo assim ao ampliar a área fertirrigada, novos custos são agregados e o fluxo de caixa incremental melhora. Como os custos também diminuem em função de um transporte com distâncias mais curtas, acredita-se que a análise global, não é prejudicada.

A tabela de sensibilidade apresentada a seguir auxilia na análise de um fator que não foi considerado no modelo: a aplicação das cinzas e torta de filtro como fertilizantes. Como foi mencionado, estes dois resíduos do processo produtivo também contêm potássio, em menor proporção que a vinhaça. Logo, sua aplicação já estaria suprimindo parte da demanda do solo e reduzindo, de certa forma, as vantagens da tecnologia, exatamente como mostra a tabela na leitura de cada linha. Destaca-se, no entanto, que a aplicação conjunta de tecnologias que proponham a utilização destes outros resíduos, juntamente com a vinhaça seca, podem criar sinergias adicionais, pela sua complementariedade desde que economicamente viáveis, o que deverá ser avaliado caso a caso.

Tabela 18 - Análise de Sensibilidade do VPL - Área de Cultivo Própria e Demanda de Potássio do Solo

Demanda de potássio média do solo (kg/ha)

	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
0	(11,50)	(9,54)	(7,57)	(5,61)	(3,64)	(1,68)	0,04	1,34	2,63	3,93	5,23	6,53	7,82	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22	8,22
10	(12,09)	(10,32)	(8,56)	(6,79)	(5,02)	(3,25)	(1,48)	0,04	1,21	2,37	3,54	4,71	5,88	7,04	8,21	8,22	8,22	8,22	8,22
20	(12,68)	(11,11)	(9,54)	(7,97)	(6,39)	(4,82)	(3,25)	(1,68)	(0,22)	0,82	1,86	2,89	3,93	4,97	6,01	7,04	8,08	8,22	8,22
30	(13,27)	(11,90)	(10,52)	(9,15)	(7,77)	(6,39)	(5,02)	(3,64)	(2,27)	(0,89)	0,17	1,08	1,99	2,89	3,80	4,71	5,62	6,53	6,53
40	(13,86)	(12,68)	(11,50)	(10,32)	(9,15)	(7,97)	(6,79)	(5,61)	(4,43)	(3,25)	(2,07)	(0,89)	0,04	0,82	1,60	2,37	3,15	3,93	3,93
50	(14,45)	(13,47)	(12,49)	(11,50)	(10,52)	(9,54)	(8,56)	(7,57)	(6,59)	(5,61)	(4,62)	(3,64)	(2,66)	(1,68)	(0,69)	0,04	0,69	1,34	1,34
60	(15,04)	(14,25)	(13,47)	(12,68)	(11,90)	(11,11)	(10,32)	(9,54)	(8,75)	(7,97)	(7,18)	(6,39)	(5,61)	(4,82)	(4,04)	(3,25)	(2,46)	(1,69)	(1,69)
70	(15,63)	(15,04)	(14,45)	(13,86)	(13,27)	(12,68)	(12,09)	(11,50)	(10,91)	(10,32)	(9,73)	(9,15)	(8,56)	(7,97)	(7,39)	(6,83)	(6,26)	(5,70)	(5,70)
80	(16,22)	(15,83)	(15,43)	(15,04)	(14,65)	(14,25)	(13,86)	(13,47)	(13,08)	(12,68)	(12,29)	(11,90)	(11,52)	(11,16)	(10,79)	(10,43)	(10,07)	(9,71)	(9,71)
90	(16,81)	(16,61)	(16,42)	(16,22)	(16,02)	(15,83)	(15,63)	(15,43)	(15,24)	(15,04)	(14,85)	(14,69)	(14,52)	(14,36)	(14,20)	(14,04)	(13,87)	(13,71)	(13,71)
100	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,40)	(17,42)	(17,45)	(17,49)	(17,53)	(17,57)	(17,60)	(17,64)	(17,68)	(17,72)	(17,72)

Canavial Próprio Fertirrigado (%)

Fonte: elaboração própria

O preço do fertilizante potássico mineral (KCl) possui um impacto peculiar na avaliação. Este mesmo parâmetro é utilizado para calcular as despesas totais com aquisição de fertilizante mineral e também é utilizado pela TabVlae para precificar o adubo organomineral produzido. Ao elevar esse valor, o resultado é prejudicado pelos custos pagos à empresa proponente e otimizado, devido ao aumento das despesas incorridas na aquisição de fertilizante da Usina Padrão. A intensidade da variação positiva ou negativa depende da quantidade de vinhaça processada na tecnologia e na demanda de potássio da usina padrão, na área não fertirrigada. Dadas as premissas assumidas de 57% da vinhaça processada na tecnologia e 25% da área fertirrigada, o aumento do preço do fertilizante mineral (KCl) impacta de forma mais intensa negativamente.

Tabela 19 - Análise de Sensibilidade do VPL - Preço do Fertilizante (KCl) e Custo de Fertirrigação

	Custo de Fertirrigação (R\$/m³)												
	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0
0,5	(3,06)	(0,92)	0,66	2,08	3,49	4,91	6,32	7,74	9,16	10,57	11,99	13,40	14,82
0,8	(4,56)	(2,42)	(0,33)	1,08	2,50	3,92	5,33	6,75	8,16	9,58	11,00	12,41	13,83
1,0	(6,07)	(3,92)	(1,78)	0,09	1,51	2,92	4,34	5,76	7,17	8,59	10,00	11,42	12,83
1,3	(7,57)	(5,43)	(3,28)	(1,14)	0,52	1,93	3,35	4,76	6,18	7,59	9,01	10,43	11,84
1,5	(9,07)	(6,93)	(4,78)	(2,64)	(0,50)	0,94	2,35	3,77	5,19	6,60	8,02	9,43	10,85
1,8	(10,58)	(8,43)	(6,29)	(4,14)	(2,00)	(0,05)	1,36	2,78	4,19	5,61	7,03	8,44	9,86
2,0	(12,08)	(9,94)	(7,79)	(5,65)	(3,50)	(1,36)	0,37	1,79	3,20	4,62	6,03	7,45	8,87
2,3	(13,59)	(11,44)	(9,30)	(7,15)	(5,00)	(2,86)	(0,71)	0,79	2,21	3,63	5,04	6,46	7,87
2,5	(15,09)	(12,94)	(10,80)	(8,65)	(6,51)	(4,36)	(2,22)	(0,20)	1,22	2,63	4,05	5,46	6,88
2,8	(16,59)	(14,45)	(12,30)	(10,16)	(8,01)	(5,87)	(3,72)	(1,58)	0,22	1,64	3,06	4,47	5,89
3,0	(18,10)	(15,95)	(13,81)	(11,66)	(9,52)	(7,37)	(5,23)	(3,08)	(0,93)	0,65	2,06	3,48	4,90
3,3	(19,60)	(17,45)	(15,31)	(13,16)	(11,02)	(8,87)	(6,73)	(4,58)	(2,44)	(0,34)	1,07	2,49	3,90
3,5	(21,10)	(18,96)	(16,81)	(14,67)	(12,52)	(10,38)	(8,23)	(6,09)	(3,94)	(1,80)	0,08	1,49	2,91
3,8	(22,61)	(20,46)	(18,32)	(16,17)	(14,03)	(11,88)	(9,74)	(7,59)	(5,45)	(3,30)	(1,16)	0,50	1,92
4,0	(24,11)	(21,97)	(19,82)	(17,68)	(15,53)	(13,38)	(11,24)	(9,09)	(6,95)	(4,80)	(2,66)	(0,51)	0,93

Preço do Fertilizante Mineral KCl (R\$/kg)

Fonte: elaboração própria

O custo de capital próprio, ke, possui baixa sensibilidade no modelo como pode ser observado na tabela abaixo. Fica evidente que, caso o valor cobrado pela empresa proponente seja igual ou superior a R\$4,00 por m³, a tecnologia não seria viável no Cenário Base.

Tabela 20 - Análise de Sensibilidade do VPL - Custo de Processamento da Vinhaça e Ke

	Ke - Cost of Equity														
	3,0%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%	7,5%	8,0%	8,5%	9,0%	9,5%	10,0%
1,00	9,80	9,51	9,23	8,96	8,69	8,44	8,20	7,97	7,75	7,53	7,33	7,13	6,93	6,75	6,57
1,25	8,93	8,66	8,40	8,15	7,91	7,68	7,46	7,25	7,04	6,84	6,65	6,47	6,29	6,12	5,96
1,50	8,05	7,81	7,57	7,35	7,13	6,92	6,72	6,52	6,34	6,16	5,98	5,82	5,66	5,50	5,35
1,75	7,18	6,96	6,75	6,54	6,35	6,16	5,97	5,80	5,63	5,47	5,31	5,16	5,02	4,88	4,74
2,00	6,31	6,11	5,92	5,74	5,56	5,39	5,23	5,08	4,93	4,78	4,64	4,51	4,38	4,25	4,13
2,25	5,43	5,26	5,09	4,93	4,78	4,63	4,49	4,35	4,22	4,09	3,97	3,85	3,74	3,63	3,52
2,50	4,56	4,41	4,27	4,13	4,00	3,87	3,75	3,63	3,51	3,40	3,30	3,20	3,10	3,00	2,91
2,75	3,68	3,56	3,44	3,32	3,21	3,10	3,00	2,90	2,81	2,72	2,63	2,54	2,46	2,38	2,30
3,00	2,81	2,71	2,61	2,52	2,43	2,34	2,26	2,18	2,10	2,03	1,96	1,89	1,82	1,76	1,70
3,25	1,94	1,86	1,78	1,71	1,65	1,58	1,52	1,45	1,40	1,34	1,29	1,23	1,18	1,13	1,09
3,50	1,06	1,01	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,73	0,69	0,65	0,61	0,58	0,54	0,51	0,48
3,75	0,19	0,16	0,13	0,10	0,08	0,05	0,03	0,01	(0,02)	(0,04)	(0,06)	(0,08)	(0,10)	(0,11)	(0,13)
4,00	(0,86)	(0,86)	(0,86)	(0,86)	(0,86)	(0,86)	(0,86)	(0,86)	(0,86)	(0,87)	(0,87)	(0,87)	(0,87)	(0,87)	(0,87)
4,25	(2,18)	(2,15)	(2,11)	(2,08)	(2,05)	(2,02)	(1,99)	(1,96)	(1,93)	(1,91)	(1,88)	(1,86)	(1,83)	(1,81)	(1,79)
4,50	(3,51)	(3,44)	(3,37)	(3,30)	(3,24)	(3,18)	(3,12)	(3,06)	(3,00)	(2,95)	(2,90)	(2,85)	(2,80)	(2,76)	(2,71)
4,75	(4,83)	(4,72)	(4,62)	(4,52)	(4,42)	(4,33)	(4,24)	(4,16)	(4,07)	(3,99)	(3,92)	(3,84)	(3,77)	(3,70)	(3,63)
5,00	(6,15)	(6,01)	(5,87)	(5,74)	(5,61)	(5,49)	(5,37)	(5,25)	(5,14)	(5,04)	(4,93)	(4,83)	(4,74)	(4,65)	(4,56)

Custo de Processamento da Vinhaça (R\$/m³)

Fonte: elaboração própria

A tabela abaixo apresenta os valores máximo ou mínimos das principais premissas do modelo para que a implantação da tecnologia seja viável

Tabela 21 - Variação dos Parâmetros para o Cenário de Equilíbrio

Premissa	Cenário Base	VPL = 0	Δ
Cana própria (%)	47,84	60,00	25%
Canavial Próprio Fertirrigado (%)	25,00	40,20	61%
Percentual da vinhaça processada (%)	57,02	73,00	28%
Concentração de potássio na vinhaça (kg/m³)	3,34	3,83	15%
Demanda de potássio média do solo (kg/ha)	150,00	119,59	-20%

Custo de Transporte e Aplicação da Vinhaça (R\$/m ³)	6,00	4,96	-17%
Preço do fertilizante substituto KCL - K ₂ O (R\$/kg)	1,35	2,09	55%

Fonte: elaboração própria

4.1.1.4.9 Exclusões do Modelo

A seguir são explicitadas variáveis que não foram consideradas no modelo de análise, mas que podem ocasionar alterações no resultado da avaliação que foram consideradas inexpressivas frente aos objetivos do projeto e aos resultados encontrados.

- Valor residual da estrutura de fertirrigação utilizada na Usina padrão que deixou de ser necessária em função da implantação da tecnologia;
- Redução no custo de captação de água devido à oferta de água gerada no processo tecnológico, que reduz a demanda de licenças adicionais industriais, as chamadas outorgas para captação de água;
- Não são avaliadas alterações no Plano de Safra da usina ao longo do período de análise devido a variações na produtividade, rendimento, estratégias de produção e outros fatores. Todas as premissas operacionais assumidas são fixas durante todo o período do fluxo de caixa;
- Não são consideradas alterações na composição do solo, sendo adotada uma demanda de potássio única para toda área de cultivo;
- A empresa proponente cita que ao final de um longo período de operação a planta construída para operar a tecnologia seria transferida para a usina. Não foram detalhados os parâmetros deste processo como período necessário, necessidade de pagamento adicional, novos custos como treinamentos, despesas operacionais e outros. Sendo assim, a transferência da tecnologia não foi incluída no modelo de avaliação adotado.

4.1.1.4.10 Comentários gerais

A avaliação da tecnologia SCBSC ZLD apresenta resultados positivos e negativos a depender da configuração da usina cliente. A análise do investimento na implantação desta tecnologia deve ser feita levando em consideração a realidade de cada usina. Os resultados demonstram maior atratividade no caso de usinas em situações específicas que apresentam grande dificuldade na destinação da vinhaça devido a fatores como a distância da usina e do canavial, ou a fatores do solo que permitam a aplicação de pequenos volumes de vinhaça por hectare, por exemplo. Muitos parâmetros situam resultados positivos em uma faixa de valores, de forma geral todos os fatores que alteram a demanda de potássio da área de cultivo própria ou que elevam a oferta deste nutriente, se comportam dessa maneira. O excesso de potássio aplicado na fertirrigação da vinhaça *in natura* é positivo até o momento em que a oferta de potássio na vinhaça é superior à demanda total. A maior oferta deste nutriente faz com que estoques de adubo organomineral cada vez mais elevados sejam gerados na usina com a tecnologia em operação. O acúmulo de estoques começa a prejudicar os resultados na medida em que são aumentados.

Tabela 22 - Sensibilidade das Variáveis Percentuais

VPL em R\$ Milhões	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Cana própria	-17,40	-13,71	-10,03	-6,34	-2,66	0,53	2,96	5,39	7,82	8,22	8,22
Percentual da vinhaça processada	-0,97	0,79	2,37	3,95	5,53	4,29	2,39	0,49	-1,91	-4,83	-7,82
Cana Para Etanol	2,48	3,44	4,40	5,35	5,27	4,11	2,96	1,78	0,61	-0,63	-2,41
Canavial Próprio Fertirrigado	7,82	5,88	3,93	1,99	0,04	-2,66	-5,61	-8,56	-11,52	-14,52	-17,53

Fonte: elaboração própria

Devem ser considerados ainda os resultados ambientais que a tecnologia pode trazer que incluem a mitigação de riscos de contaminação de águas e solos com a vinhaça e a redução da necessidade de captação de recursos hídricos para a usina.

Recomenda-se o uso de contratos de performance junto a empresa proponente com o objetivo de transferir parcela do risco associado. Além disso, uma das principais premissas assumidas é o fato de que a empresa proponente consegue viabilizar a comercialização da sua tecnologia a partir dos volumes de vinhaça considerados para processamento, da quantidade de adubo organomineral produzido e os respectivos preços cobrados.

As dimensões de valores mínimos de vinhaça que devem ser produzidos e pagos à empresa proponente da tecnologia devem ser negociadas caso a caso e é primordial que não haja a obrigatoriedade de processamento de toda a vinhaça disponível, dando a liberdade ao usineiro de otimizar suas relações de aplicação do produto, da forma convencional, e com a nova tecnologia proposta, desde que atendidos os montantes mínimos requeridos e negociados entre as partes.

É importante ressaltar que este estudo não pretende generalizar nem esgotar a discussão sobre a viabilidade da tecnologia, mas analisar os principais componentes para um estudo individual de sua aplicação nas usinas. Nesse sentido, torna-se imprescindível que a escolha ou decisão pela implantação da tecnologia seja embasada num estudo de viabilidade individual.

4.1.2 BIOFOM

Buscando uma solução para os resíduos sólidos da indústria da cana, a Dedini desenvolveu o BIOFOM (Biofertilizante Organomineral), um fertilizante produzido com os resíduos da agroindústria sucroalcooleira (vinhaça concentrada, torta de filtro, cinzas de caldeira e fuligem das chaminés), sendo uma solução para substituição da adubação mineral da cana de açúcar.

Assim como a vinhaça, apresentada no tópico inicial deste capítulo, a torta de filtro, as cinzas da caldeira e a fuligem das chaminés, possuem nutrientes de relevância para a manutenção da fertilidade dos canaviais e podem ser utilizados em substituição aos fertilizantes químicos. A torta de filtro é proveniente da filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo. Antigamente, era um resíduo obtido apenas na produção do açúcar, mas, atualmente, as novas unidades alcooleiras introduziram o filtro rotativo e, assim, também obtém este resíduo. Para cada tonelada de cana processada, estima-se que são produzidos entre 30 e 40 kg de torta de filtro em média, com umidade próxima de 75%. Ao

analisar sua composição se destaca a quantidade de fósforo encontrada, que corresponde a cerca de 1,2 a 1,8%.

As cinzas da caldeira são provenientes da queima do bagaço para aquecimento da caldeira e geração de vapor/energia. Estima-se que este resíduo corresponde de 2,4% a 3% do bagaço queimado. No processamento de uma tonelada de cana, a disponibilidade de bagaço (com 50% de umidade) é da ordem de 260 kg. Assim como a vinhaça, na composição das cinzas da caldeira se destaca, principalmente, a presença de potássio, cerca de 9%.

A tecnologia inscrita pela Dedini – Indústria de base, neste programa, utiliza como principais insumos estes 03 (três) resíduos sólidos, vinhaça, torta de filtro e cinzas da caldeira e fuligem de chaminé e a partir do processo inovador proposto, é produzido um Biofertilizante granulado e seco, além de água para reuso industrial. A tecnologia trabalha a concentração da vinhaça, que em estado sólido é complementada com a torta de filtro e as cinzas da caldeira. Estes três resíduos são misturados, secados e granulados resultando no BIOFOM, nome comercial do biofertilizante organomineral.

4.1.2.1 Modelo Comercial

A Dedini optou pela introdução comercial do sistema em etapas ou fases, tendo em vista a redução do risco inicial de implantação de um sistema inovador, sendo: 1ª etapa concentração da vinhaça até 22ºBrix (já introduzido comercialmente); 2º estágio concentração da vinhaça até 60º Brix; 3º estágio produção do fertilizante organomineral granulado - BIOFOM e 4º estágio BIOFOM aditivado com fertilizante químico para agricultura de precisão. O usuário final, usina de açúcar e etanol, poderá adquirir o sistema sequencialmente ou todos os estágios, *turn-key*, por meio da venda direta.

4.1.2.2 Ganhos Incrementais Potenciais

A avaliação dos ganhos financeiros potenciais que poderão ser obtidos a partir da implementação da tecnologia em uma usina, está balizada em oportunidades de redução de custos e da geração de receitas a partir da venda de novos subprodutos. Procura-se avaliar os resultados incrementais propiciados pela tecnologia, ou seja, a parcela das receitas, custos e despesas que serão adicionadas ou reduzidas em função da operacionalização do processo inovador.

São colocados pelo proponente da tecnologia como potenciais ganhos principais a redução de custos com a compra, transporte e aplicação de fertilizantes químicos, já que o uso do Biofom como biofertilizante pode suprir a demanda da área cultivada por nutrientes, em especial o potássio. Os custos de aplicação da vinhaça *in natura*, dado principalmente ao grande volume gerado, são expressivamente superiores aos custos incorridos no mesmo procedimento com a utilização de um Biofertilizante sólido, sendo possível, assim, alcançar uma parcela da área cultivada superior quando comparada com áreas fertirrigadas.

Outro ganho pode ser verificado com a redução nos custos de transporte e aplicação da vinhaça, da torta de filtro e das cinzas, caso todos já sejam aplicados no canavial. Isso ocorre pelo fato de anteriormente estes resíduos *in natura* serem aplicados individualmente e em sistemas distintos e com a tecnologia estes resíduos são aplicados em um único processo, compondo o Biofom.

No caso da geração de excedente do biofertilizante Biofom ainda pode ser considerada a venda deste subproduto. Ainda poderão ser computados ganhos secundários em cenários específicos onde a utilização da água retirada da vinhaça pode permitir alguma redução nos custos de captação e utilização deste efluente.

Vale ainda salientar a existência de potenciais ganhos em função da redução dos riscos de poluição ambiental com a vinhaça e demais resíduos utilizados no processo. Além disso, o Biofom elimina o mau cheiro da vinhaça.

A implementação do processo tecnológico proposto também pode gerar perdas como a queda no rendimento agrícola nas áreas anteriormente fertirrigadas com a vinhaça *in natura*, que receberão menor volume de água.

Salienta-se que as possibilidades de ganhos e perdas mapeadas acima poderão ser mensuradas com maior ou menor efetividade de acordo com os parâmetros de cada usina adquirente da tecnologia. Podem ser citados como parâmetros de grande relevância o percentual de cana própria e de terceiros da Usina. Quanto maior o volume de cana de terceiros, maiores excedentes de vinhaça, torta de filtro e cinzas serão produzidos.

Como será analisado posteriormente, a demanda de potássio do solo, os custos de transporte e a aplicação dos resíduos no canavial, os preços de fertilizantes químicos, o volume de produção da usina são outros parâmetros que têm impacto significativo no modelo e sua grande variabilidade tende a gerar diversas possibilidades de resultado. Nesse sentido, se mostra necessária a estruturação de avaliações específicas para cada usina, que poderão captar as configurações próprias e mensurar os ganhos ou perdas decorrentes da implantação do processo tecnológico.

4.1.2.1 Avaliação Econômica Financeira

4.1.2.1.1 **Modelo de avaliação**

Para a avaliação da tecnologia, a Dedini optou por considerar a implantação do segundo e terceiro estágios da tecnologia proposta em uma etapa única, apesar de ser possível a distribuição da vinhaça concentrada a até 65º Brix. Sendo assim, é avaliada a produção de um adubo organomineral sólido e granulado fabricado com vinhaça, da torta-de-filtro e das cinzas da caldeira sem aditivos.

O proponente afirma que a composição química do Biofom varia muito de acordo com o tipo de cana, característica do plantio e configuração da usina. Sabe-se que o adubo, mesmo no terceiro estágio, traz ganhos econômicos na medida em que reduzem ou eliminam a necessidade da compra de adu-

bos químicos e minerais. Apesar de diversidade e riqueza nutritiva do Biofom, este modelo de avaliação considerou apenas o potássio e a possível substituição do fertilizante mineral cloreto de potássio (KCL). Esta decisão está pautada no fato deste ser o principal nutriente do Biofom e por ele demonstrar um potencial superior de ganho. A Dedini estima que a aplicação o novo adubo possa reduzir cerca de 98% da demanda de Cloreto de Potássio (KCL – 65% potássio), 68% da demanda de SSP (21% fósforo) e 35% da demanda de Ureia (45% nitrogênio).

Além da possibilidade de substituição do fertilizante mineral, o modelo foi construído de forma a captar os ganhos e custos adicionais em relação a um cenário dado por uma Usina Padrão. As características desta usina, tais como tipo de solo, qualidade da cana, rendimento agrícola, *mix* de produção, e percentual de cana de terceiros influenciarão na demanda de potássio da cultura e na oferta dos nutrientes no Biofom.

Dos ganhos potenciais supracitados, os seguintes foram captados pelo modelo:

- Redução nos custos de aquisição, transporte e aplicação de fertilizante potássico mineral. As compras de fertilizante de fornecedores podem diminuir em função de um aproveitamento mais eficiente do potássio presente no Biofom;
- Redução no custo de transporte e aplicação da vinhaça. Sua secagem e posterior mistura com a torta de filtro e cinzas da caldeira possibilitará a aplicação no campo por menores custos, principalmente devido à redução do volume transportado.

Como citado anteriormente, existem outras possibilidades de ganhos e até mesmo perdas que, por serem de menor expressividade, não foram considerados no modelo de avaliação, como é o caso da redução no custo de captação da água, alterações no rendimento agrícola, dentre outros fatores. Dependendo da configuração da usina, o modelo irá resultar na produção de Biofom em excesso, acima da demanda de nutrientes do solo. Apesar disso, não foi considerada a possibilidade de venda do adubo. Nestes casos há, portanto, formação de estoque de Biofom. Estes cenários são detalhados na análise de sensibilidade realizada e todas as demais exclusões do modelo são relacionadas no próximo tópico.

4.1.2.1.2 Exclusões do modelo

A seguir são explicitadas variáveis que não foram consideradas no modelo de análise, mas que podem ocasionar alterações no resultado da avaliação que foram consideradas inexpressivas frente aos objetivos do projeto e aos resultados encontrados:

- Valor residual da estrutura de fertirrigação utilizada na Usina Padrão que deixou de ser necessária em função da implantação da tecnologia;

- Redução no custo de captação de água devido à oferta de água gerada no processo tecnológico, que reduz a demanda de licenças adicionais industriais, as chamadas outorgas para captação de água;
- Não são avaliadas alterações no Plano de Safra da usina ao longo do período de análise devido a variações na produtividade, rendimento, estratégias de produção e outros fatores. Todas as premissas operacionais assumidas são fixas durante todo o período do fluxo de caixa;
- Não são consideradas alterações na composição do solo, sendo adotada uma demanda de potássio única para toda área de cultivo;
- Não foi considerada a possibilidade de venda do Biofom como novo produto da Usina nem os custos de estocagem do mesmo, nos casos de produção em excesso.

4.1.2.1.3 Projeção do Fluxo de Caixa Incremental

Para a estruturação do fluxo de caixa incremental decorrente da implantação da tecnologia proposta, foram realizadas projeções a partir de uma análise comparativa entre os fluxos de caixa de duas usinas ou destilarias que serão chamadas apenas de usina no texto para simplificar a descrição.

A primeira usina recebe uma configuração considerada padrão, de forma a refletir as práticas para tratamento da vinhaça atualmente encontradas na maior parte das usinas brasileiras. A segunda é a usina com a tecnologia para produção do Biofom implantada e em operação. São comparados os custos decorrentes da manutenção da demanda de potássio da área de cultivo com cana própria de ambas as usinas. O fluxo de caixa incremental é resultante da diferença encontrada entre os fluxos de caixa de cada usina.

As duas usinas comparadas possuem a mesma configuração quanto ao volume e mix de produção, cana de terceiros, características do solo, dados de rendimento agrícola e outros. A única diferença se encontra no processo adotado para destinação da vinhaça no campo. A usina padrão fertirriga a vinhaça *in natura* no campo e a usina com a tecnologia proposta produz o adubo organomineral a partir dos resíduos da produção que, posteriormente, é aplicado no campo ou estocado.

A usina com a tecnologia em operação aplica conceitos da chamada agricultura de precisão, onde por meio de análises específicas procura-se aplicar no solo a dose ideal de potássio, neste caso. Ambas as usinas compram fertilizante mineral potássico, quando não dispõem do adubo equivalente em quantidade suficiente para a manutenção do solo.

O tópico a seguir apresenta as premissas adotadas no Cenário Base que são compartilhadas pelas duas usinas comparadas. As premissas assumidas são referência para todas as safras projetadas, ou seja, não há variação dos parâmetros ao longo da projeção.

4.1.2.1.4 Premissas Gerais

Foi considerada uma safra com duração de 210 dias que corresponde à média aritmética simples da duração mínima e máxima informada pela STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros

do Brasil, e ainda o funcionamento de uma usina com produção mista durante 24 (vinte e quatro) horas.

A usina mista adotada no Cenário Base de avaliação destina 60% da cana de açúcar processada para a produção de etanol e os 40% restantes para açúcar; 60% da cana-de-açúcar processada na usina é própria e o restante é de terceiros, ou seja, a cana é comprada de um fornecedor. Observa-se que quanto maior for a quantidade de cana de terceiros no modelo, mais resíduos e potássio, por consequência, são gerados em relação ao canavial próprio que deve ser fertilizado, considerando os demais parâmetros constantes.

A demanda de potássio da área de cultivo foi definida em 150kg de potássio por hectare, a variabilidade deste parâmetro respeita um máximo de 185kg de potássio por hectare, dose máxima de aplicação deste nutriente calculada em função do teor de potássio presente na vinhaça, limitando em 5% a capacidade de troca de cátions do solo ocupada por íons de potássio [Bertoncini (2008)]. Este valor é estipulado pela norma técnica sobre os critérios e procedimentos para aplicação, movimentação e disposição da vinhaça em solo agrícola, divulgada pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo [SMA (2005)]. Sabe-se que a demanda de potássio do solo pode variar de acordo com a área do canavial, principalmente nas áreas que recebem grandes volumes de vinhaça fertirrigada até a implantação da tecnologia. Foi assumida uma média para toda a área de cultivo para simplificar a avaliação.

Os valores de produtividade e rendimento definidos são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 23 – Biofom - Premissas Gerais de Rendimento

Premissa	Unidade de Medida	Valor ¹	Fonte
Rendimento Agrícola da Cana-de-Açúcar	tc/ha	69,80	CONAB.
Rendimento de Etanol - Caldo direto	l/tcp	78,79	CONAB.
Produção de Etanol - Melaço	l/tcp	20,00	BNDES e CGEE.
Rendimento de Açúcar	kg/tcp	128,60	CONAB.
Relação Vinhaça/ Etanol	m ³ /m ³	12,50	IAA/CENAL.
Produção torta de filtro (75%Um)	kg/tcp	30,00	EMBRAPA
Produção bagaço (50%Um)	Kg/tcp	280,00	CTC/BNDES
Produção de cinzas na caldeira	% bagaço	2,40	Poggiali, F. S. J. (2010)

¹ Média Brasil.

Optou-se por estratificar o rendimento do etanol produzido por meio do melaço e o etanol produzido com o caldo direto com o objetivo de simplificar os cálculos do modelo. Procurou-se captar a produção adicional de etanol com o uso do melaço e ainda as alterações na concentração de potássio na vinhaça decorrentes, que serão destacadas adiante.

Para definição do volume de produção padrão, foi considerada uma produção de 600m³ de etanol por hora em um cenário onde 100% da cana-de-açúcar é utilizada para a produção de etanol. No entanto, como citado anteriormente, no Cenário Base de avaliação a usina destina 60% da cana de açúcar

processada para a produção de etanol. A partir das demais premissas supracitadas, foi adotado o Plano de Safra a seguir.

Tabela 24 – Biofom - Plano de Safra

Plano de Safra		
Identificação	Unidade de Medida	Total
Área Cultivada	ha	22.911
Canavial Próprio	ha	13.747
Canavial de Terceiros	ha	9.164
Cana Processada	t	1.599.188
<i>Para Etanol</i>	t	959.513
<i>Para Açúcar</i>	t	639.675
Produção de Etanol	m ³	88.394
<i>Caldo Direto</i>	m ³	75.600
<i>Melaço</i>	m ³	12.794
Produção de Açúcar	t	82.262
Produção de Bagaço	t	447.773
Produção de Cinzas	t	10.747
Produção de Torta de Filtro	t	47.976
Volume de Vinhaça	m ³	1.104.919

Fonte: elaboração própria

Para caracterização da vinhaça gerada a partir da produção de etanol no modelo é necessário inicialmente avaliar a relação deste parâmetro com outras premissas adotadas. A concentração de potássio na vinhaça varia de acordo com o volume de melaço utilizado para a produção de etanol, sendo assim, quanto mais açúcar a usina produzir, mais melaço será gerado e ao final maior a quantidade de potássio disponível na vinhaça. A concentração de potássio na vinhaça também tem uma relação direta com a quantidade total de sólidos nessa substância, medida pelo seu grau Brix. Considerando a premissa de 40% da cana processada para a produção de açúcar, a concentração de potássio na vinhaça calculado pelo modelo é de 3,34kg/m³. Neste cenário, a vinhaça possui 4,45°BRIX. Todos os valores adotados estão próximos dos intervalos apresentados na tabela abaixo, sendo que a quantidade total de sólidos na vinhaça varia de 28,7kg até 62,8kg por m³ de vinhaça.

Tabela 25 - Concentração de Potássio (K₂O) na Vinhaça

Premissa	Unidade de Medida	Valor ¹	Fonte
Caldo Misto - Destilaria	kg/m ³	De 1,20 a 2,10	CTC.
Caldo e Melaço - Usina Mista	kg/m ³	De 3,34 a 4,60	CTC.

¹ Média Brasil.

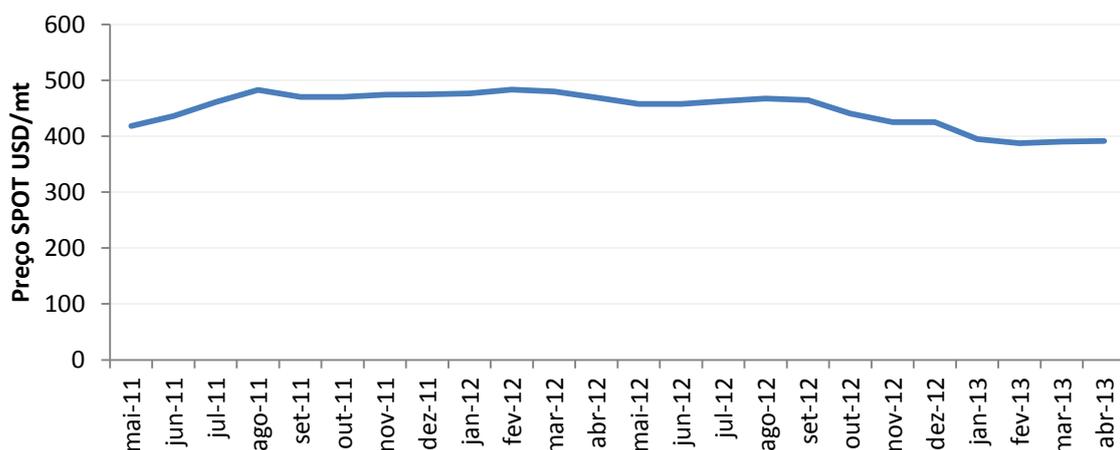
Fonte: elaboração própria

No que diz respeito à torta de filtro, de acordo com Brasil Sobrinho, a concentração de potássio neste resíduo é de 0,3% na matéria seca. As cinzas por sua vez, apresentam 9,02% de potássio, de acordo com Cordeiro, Toledo Filho e Fairbairn.

Como será visto adiante, a principal oportunidade de ganho é na redução do custo de transporte e aplicação da vinhaça. Este parâmetro varia em função de diversos fatores como a distância entre a área de aplicação da vinhaça e a usina, o volume de vinhaça gerado, a quantidade de vinhaça aplicada por hectare, o tipo de sistema de fertirrigação utilizado (caminhões, dutos, canais, etc) e outros fatores. Para fins de simplificação do modelo foi adotado um custo médio de fertirrigação da vinhaça *in natura* por m³. Essa variável é extremamente sensível ao resultado como será demonstrado na análise de sensibilidade realizada. O valor utilizado no Cenário Base é de R\$6,00/m³ de vinhaça *in natura*. As principais referências utilizadas para esse parâmetro são artigos acadêmicos que revelam dados de usinas em específico. Os valores encontrados variam de R\$3,37 a R\$11,18 por m³ de vinhaça. Estes valores incluem toda a manutenção, pessoal e outros custos necessários para armazenar, transportar e aplicar a vinhaça na área pretendida. A Usina Padrão e a Usina com a Tecnologia consideram a fertirrigação de toda vinhaça gerada, aplicada na mesma área.

Como já mencionado, existem diversos cenários em que a usina necessita comprar um fertilizante potássico mineral para aplicação no canavial, sendo assim foi necessário definir um preço de referência para um fertilizante que pode substituir o adubo organomineral. Para a definição deste valor foi analisada a cotação do preço do potássio fornecida pelo Banco Mundial e os valores informados pela empresa proponente. A cotação em dólares americanos do cloreto de potássio no mercado *spot* variou entre USD387,50 e USD483,00 de maio/2011 a abril 2013. A média neste mesmo período é de USD448,27. Este valor não inclui as despesas com frete, seguros e outros gastos para que o fertilizante chegue até a Usina.

Gráfico 10 - Preço SPOT do Cloreto de Potássio (KCl)



Fonte: Commodity Markets Review - World Bank Report

O valor assumido no Cenário Base foi de R\$ 1.350,00 por tonelada, incluindo custos de frete. Mas vale salientar que este preço se refere ao cloreto de potássio, ou seja, o preço por tonelada não se refere a uma tonelada de potássio. Além de comprar o fertilizante mineral, a usina incorre em custos para transporte e aplicação destes complementos no solo. Este mesmo custo é considerado para o transporte do adubo organomineral e foi definido em R\$3,00 por tonelada.

Foi considerado que ambas usinas em análise adotam o regime tributário pelo Lucro Real. A redução de despesas aumenta a base tributável e, por isso, os ganhos com essa redução são deduzidos dos seguintes tributos.

Tabela 26 - Carga Tributária Incidente

Tributo	Alíquota
CSLL	9%
IRPJ ²	25%

Fonte: elaboração própria

4.1.2.1.5 Premissas da Usina Padrão

A usina padrão aplica a vinhaça *in natura* na área de cultivo próprio por meio de sistemas de fertirrigação. Foi adotada a premissa de que todo o volume de vinhaça gerado é fertirrigado e para o Cenário Base, 25% da área de cultivo própria é fertirrigada.

Salienta-se que o modelo considerou como únicas fontes de potássio para o canavial a vinhaça e o fertilizante mineral KCL. Como visto, em menor proporção, o potássio também faz parte da composição da torta de filtro e cinzas da caldeira, outros dois resíduos da produção de açúcar e etanol que eventualmente são utilizados na fertilização do canavial. Esta prática não foi considerada na Usina Padrão do modelo.

Assim, o que diferencia a Usina Padrão da Usina com a Tecnologia é apenas o tratamento da vinhaça, torta de filtro e cinzas para produção do Biofom, substituição da fertirrigação e da compra do fertilizante mineral.

4.1.2.1.6 Premissas da Usina com a Tecnologia – Cenário Base

Os valores de investimento dependem de condições locais da usina e foram considerados para uma usina média de 2 (dois) a 2,5 (dois e meio) milhões de cana na safra com 50% de produção de etanol e os outros 50% para a produção de açúcar.

Tabela 27 - CAPEX Biofom

Item	Valor (R\$)
Terreno - 10.000 m ²	80.000
Obras Civas e Adequações	4.608.000
Planta BIOFOM Completa	23.378.000
Total	28.066.000

Fonte: Dedini

² A alíquota utilizada inclui os 10% de IRPJ incidentes sobre a parcela do lucro real que exceder ao resultado da multiplicação de R\$20.000,00 (vinte mil reais) pelo número dos meses do respectivo período de apuração. Como a tributação envolvida na avaliação inclui todo o resultado da usina, optou-se por utilizá-la sobre todo o resultado.

Estes valores foram orçados para um projeto *turn-key* e para a capacidade de 250 m³ de vinhaça processados por hora. Como ela é produzida durante a operação da usina, a capacidade mencionada não é tão restritiva ao modelo, visto que o aumento do tanque pulmão de vinhaça e estoque das cinzas e torta de filtro dão condições do Biofom ser produzido após o período de operação padrão.

É considerado o período de um ano para implantação da tecnologia e início da operação. O investimento é realizado no primeiro ano e a partir do segundo ano com o início da operação da tecnologia, os ganhos ou perdas são computados.

A vida útil da planta depende da manutenção recebida, segundo a empresa proponente é esperado um mínimo de 15 (quinze) anos e um máximo de 30 (trinta) anos. Os investimentos poderão variar de acordo com o volume de vinhaça processado e com a implantação de estágios anteriores ou o último estágio da tecnologia. A Dedini não forneceu os valores para outros cenários de produção ou outras escalas.

A linha de financiamento adotada foi o PSI do BNDES, que permite financiar o máximo de 90% do valor das máquinas e equipamentos novos, por um prazo máximo de 120 (cento e vinte) meses e carência mínima de 3 (três) meses.

Tabela 28 - Biofom - Financiamento

Financiamento	Valor	Unidade	Fonte
Percentual CAPEX financiado	90	% CAPEX	BNDES
Spread	3,0	% a.a.	BNDES
Modalidade	SAC	n/a	BNDES
Carência	3	meses	BNDES
Período de amortização	117	meses	BNDES

Fonte: elaboração própria

Para manter a capacidade produtiva por 20 (vinte) anos, a empresa informa que os custos de manutenção são estimados em R\$800.000,00 por safra. Aproximadamente 4% do Capex da Planta Biofom completa.

Além do investimento supracitado, foi informada a necessidade de custos pré-operacionais que serão negociados junto a Dedini, podendo ser pagos pela usina, pela Dedini ou ambos. O modelo considerou o pagamento sendo feito pela usina cliente.

Tabela 29 - Custo Pré-Operacionais Biofom

Item	Valor
Estudos de Viabilidade de Planta Específica	200.000
Licenças/ Terraplenagem/ Custo do Terreno	200.000
Obras de Acesso/ Estocagem de Produtos e Fertilizantes	500.000
Total	900.000

Fonte: Dedini

Tabela 30 - Equipe Necessária para Operação do Biofom

Cargo	Nº de profissionais	Tipo	Período	Salário Bruto/Mês
Supervisor/ Encarregado	1	Mensalistas	Safra	6.500
Operadores	3	Mensalistas	Safra	4.600
Ajudantes	4	Mensalistas	Safra	2.500
Total	8			13.600

Fonte: Dedini.

Considerando que os operadores e ajudantes devem atuar em 3 (três) turnos, por safra, o custo com mão de obra por safra é de R\$ 934.800,00, incluindo os encargos.

A maioria dos insumos utilizados no processo é produzida na própria usina, disponíveis para utilização; portanto, não possuem um custo. Poderão ser computados custos com energia elétrica e vapor, no entanto, a Dedini informa que o vapor utilizado é decorrente de processo, logo o seu custo é desprezível ou nulo e a recuperação térmica efetuada aumenta o coeficiente de aproveitamento da usina.

O consumo de energia do sistema, de acordo com a Dedini, é da ordem de 2,57 kW/m³ de vinhaça processada. Avaliações específicas da configuração de uma dada usina poderão revelar o balanço energético da mesma e a viabilidade do uso de energia própria e o vapor do processo.

O volume de Biofom produzido é dado pela soma da quantidade de torta de filtro, cinzas da caldeira e vinhaça, secos e granulados. No Cenário Base são produzidos cerca de 45 quilos de Biofom por tonelada de cana processada, sendo 16% de torta, 15% de cinzas e 69% de sólidos da vinhaça. O percentual de potássio no abudo é de aproximadamente 6,6% da massa.

4.1.2.1.7 Resultados Cenário Base

A tabela abaixo apresenta o Fluxo de Caixa Descontado considerando as premissas detalhadas na seção acima.

Tabela 31 – Biofom - Fluxo de Caixa Descontado Cenário Base

Fluxo de Caixa Descontato	2013	2014	2015	2023
= Redução Custos de Aplicação Potássio	-	7.853.815	7.853.815	7.853.815
(-) Depreciação	-	(1.336.636)	(1.272.881)	(913.669)
(-) Despesas Financeiras	(540.801)	(505.554)	(423.559)	-
= EBIT	(540.801)	6.011.624	6.157.374	6.940.145
(-) CSLL	-	(541.046)	(554.164)	(624.613)
(-) IR	-	(1.502.906)	(1.539.344)	(1.735.036)
= LL	(540.801)	3.967.672	4.063.867	4.580.496
(+) Depreciação	-	1.336.636	1.272.881	913.669
(-) Investimentos	(28.966.000)	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	21.040.200	-	-	-
(-) Amortizações	(1.570.141)	(1.998.842)	(1.896.614)	-
= FCFE	(10.036.742)	3.305.466	3.440.134	5.494.165
= Saldo de Caixa	(10.036.742)	(6.731.275)	(3.291.141)	29.256.119
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>10,5</i>

<i>Ke</i>	6,50%	7,27%	7,32%	6,92%
<i>Fator de Desconto</i>	0,97	0,90	0,84	0,50
Valor Presente (FC)	(9.725.644)	2.975.099	2.882.887	2.720.652
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(9.725.644)	(6.750.545)	(3.867.657)	16.429.224

Fonte: elaboração própria

Conforme detalhado nos aspectos metodológicos deste trabalho, o Custo de Capital Próprio – Ke, é calculado considerando um sistema dinâmico de taxas. O ke real calculado, descontada a inflação, é de 6,95% ao ano.

No cenário apresentado são verificados os seguintes resultados.

Tabela 32 - Resultados Cenário Base

VPL (R\$)	16.429.224
TIR a.a.	34,02%
MTIR a.a.	18,09%
Payback Financeiro	3 Anos e 11 Meses

Fonte: elaboração própria

Chama a atenção que ao final de cada safra são aplicadas 31.273 toneladas de Biofom e estocadas 40.673 toneladas. Essa informação revela que no Cenário Base estruturado, a usina não precisa comprar complemento de fertilizante potássico mineral, pois o potássio proveniente do Biofom é suficiente para atender a demanda da área de cultivo próprio. O acúmulo ou despacho desses estoques pode agregar custos, ao mesmo tempo em que podem ser uma nova fonte de receita, ambos cenários não considerados.

4.1.2.1.8 Resultados Cenário do Proponente

Além do Cenário Base analisado, foi estruturado um cenário onde a maior parte das premissas assumidas foram informadas pela empresa proponente no questionário enviado e em documentos complementares recebidos. Os parâmetros indicados na tabela abaixo foram alterados para a estruturação deste cenário, todas as demais premissas assumidas são iguais às apresentadas no Cenário Base.

Tabela 33 – Biofom - Premissas Cenário Proponente

Alterações Cenário Empresa Proponente	
Premissa	Valor
Processamento da Cana-de-açúcar (tcp/h)	421,77
Vinhaça – Aquecimento direto (l/l etanol)	12,00
Produção torta de filtro - 75%Um (kg/tcp)	40,00
Produção de cinzas (% bagaço)	2,14
Mix Produção (% etanol)	50,00
Cana própria (%)	100,00
Custo da energia (R\$/MW)	80,90

Fonte: elaboração própria

Essas alterações geram o plano de safra da tabela abaixo.

Tabela 34 - Biofom - Plano de Safra Cenário Proponente

Identificação	Unidade	Total
Área Cultivada	ha	30.454
Canavial Próprio	ha	30.454
Canavial de Terceiros	ha	0
Cana Processada	t	2.125.721
<i>Para Etanol</i>	t	1.062.861
<i>Para Açúcar</i>	t	1.062.861
Produção de Etanol	m ³	105.000
<i>Caldo Direto</i>	m ³	83.743
<i>Melaço</i>	m ³	21.257
Produção de Açúcar	t	136.684
Produção de Bagaço	t	595.202
Produção de Cinzas	t	12.754
Produção de Torta de Filtro	t	85.029
Volume de Vinhaça	m ³	1.260.000

Fonte: elaboração própria

A partir da configuração criada o fluxo de caixa projeto foi estruturado e é apresentado na tabela abaixo.

Tabela 35 – Biofom - Fluxo de Caixa Descontado Cenário Proponente

Fluxo de Caixa Descontato	2013	2014	2015	2023
= Redução Custos de Aplicação Potássio	-	12.672.455	12.672.455	12.672.455
(-) Depreciação	-	(1.336.636)	(1.272.881)	(913.669)
(-) Despesas Financeiras	(540.801)	(505.554)	(423.559)	-
= EBIT	(540.801)	10.830.265	10.976.015	11.758.786
(-) CSLL	-	(974.724)	(987.841)	(1.058.291)
(-) IR	-	(2.707.566)	(2.744.004)	(2.939.696)
= LL	(540.801)	7.147.975	7.244.170	7.760.798
(+) Depreciação	-	1.336.636	1.272.881	913.669
(-) Investimentos	(28.966.000)	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	21.040.200	-	-	-
(-) Amortizações	(1.570.141)	(1.998.842)	(1.896.614)	-
= FCFE	(10.036.742)	6.485.769	6.620.436	8.674.468
= Saldo de Caixa	(10.036.742)	(3.550.972)	3.069.464	61.059.146
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,50%</i>	<i>7,27%</i>	<i>7,32%</i>	<i>6,92%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,84</i>	<i>0,50</i>
Valor Presente (FC)	(9.725.644)	5.837.544	5.548.032	4.295.504
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(9.725.644)	(3.888.099)	1.659.933	38.089.604

Fonte: elaboração própria

Como pode ser observado na tabela abaixo, os resultados neste cenário são expressivamente melhores que no Cenário Base. Essa grande diferença é explicada principalmente pelo aumento da escala e por considerar 100% de cana própria.

Neste cenário, a usina sem a tecnologia demanda grande quantidade de adubo mineral, que será substituído pelo Biofom, melhorando os resultados. Mas ainda assim, ao final de cada safra são estocadas 20.687 toneladas do produto e aplicadas 73.487 toneladas.

Tabela 36 – Biofom - Resultados Cenário Proponente

VPL (R\$)	38.089.604
TIR a.a.	66,01%
MTIR a.a.	25,43%
Payback Financeiro	2 Anos e 6 Meses

Fonte: elaboração própria

4.1.2.1.9 Análise de Sensibilidade

Existe uma grande dificuldade em se definir um modelo de usina ou destilaria que represente a realidade da indústria no Brasil. Cada unidade industrial possui peculiaridades que podem gerar grande variabilidade nos resultados da tecnologia. A avaliação deste tipo de investimento deve ser realizada a partir dos dados da própria usina que pretende implantar o novo processo tecnológico.

Levando-se em consideração as grandes variabilidades que podem ocorrer, foram selecionados os principais parâmetros do modelo para avaliar a sensibilidade destas variáveis no resultado da tecnologia. Os resultados apresentados assumem apenas a alteração dos parâmetros em análise, todas as demais premissas permanecem constantes conforme detalhado no Cenário Base de avaliação.

Tabela 37 – Biofom - Análise de Sensibilidade do Volume de Cana Processado por Hora

tcp/h	VPL (R\$ Milhões)
100	(13.434)
186	(1.445)
271	10.198
357	21.842
443	33.485
529	45.129
614	56.772
700	68.415

Fonte: elaboração própria

A tabela acima demonstra que, mantida as demais premissas, a tecnologia é escalável. Uma usina com maiores volumes de produção é capaz de otimizar os resultados, ao passo que quanto maior o volume, maior o VPL da tecnologia aplicada.

Tabela 38 - Biofom – Análise de Sensibilidade do VPL - Parcela de Cana Própria e Mix de Produção

		Mix de produção (% etanol)								
		0,00	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
Cana própria (%)	0,00	(18.148)	(12.739)	(8.676)	(4.868)	(1.061)	2.747	6.554	10.362	14.170
	12,50	(13.762)	(9.475)	(5.667)	(1.859)	1.949	5.755	9.556	13.358	17.159
	25,00	(10.279)	(6.467)	(2.658)	1.151	4.958	8.763	12.558	16.353	20.148
	37,50	(7.273)	(3.459)	352	4.160	7.968	11.771	15.560	19.349	23.137
	50,00	(4.267)	(451)	3.361	7.170	10.977	14.779	18.562	22.344	26.127
	62,50	(1.261)	2.557	6.370	10.179	13.986	17.787	21.564	25.340	29.116
	75,00	1.745	5.566	9.379	13.189	16.996	20.795	24.566	28.336	32.105
	87,50	4.752	8.574	12.388	16.198	20.005	23.803	27.567	31.331	35.094
	100,00	4.107	11.582	15.397	19.208	23.015	26.810	30.569	34.327	38.084

Fonte: elaboração própria

Quanto maior o percentual de cana própria melhor os resultados do modelo, na medida em que aumenta também a demanda por potássio e, por consequência, as oportunidades de ganhos financeiros principalmente pela substituição do fertilizante mineral. Como é grande o volume de resíduos de produção gerados e pequena a área fertirrigada (25%), o aumento percentual do canavial próprio aumenta muito a demanda do fertilizante mineral, que será substituído pelo Biofom.

Uma usina com *mix* de produção voltado mais para o açúcar, por sua vez, é desvantajoso para tecnologia, não só pela redução do volume de vinhaça e produção de Biofom, mas principalmente porque a oportunidade de ganho com o redução fertirrigação é menor. Como toda a vinhaça é aplicada no campo, o custo deste processo é alto para a Usina Padrão. Logo, reduzindo o volume de vinhaça a Usina Padrão estaria incorrendo em menores custos e ainda assim conseguindo suprir toda a demanda de potássio da área fertirrigada, visto que na maioria dos casos ele é aplicado em excesso.

A tabela abaixo mostra variações do percentual do canavial próprio fertirrigado e demanda de potássio do solo. Observa-se que a sensibilidade é maior em relação ao segundo parâmetro porque o percentual de canavial próprio é mantido em 25%. Situação que muda muito quando o percentual de cana própria aumenta, como mostra a Tabela 40. Isso ocorre porque o aumento do percentual de cana própria altera a demanda total de potássio; assim, quanto menor o percentual fertirrigado, maior a demanda do fertilizante mineral.

Tabela 39 – Biofom - Sensibilidade do VPL - Área de Cultivo Própria e Demanda de Potássio do Solo

		Demanda potássio solo (kg/ha)								
		30,00	51,25	72,50	93,75	115,00	136,25	157,50	178,75	200,00
Canavial próprio fertirrigado (%)	0,00	5.860	8.610	11.359	14.109	16.858	19.608	22.357	25.106	27.856
	12,50	5.365	7.763	10.161	12.560	14.958	17.356	19.754	22.153	24.551
	25,00	4.869	6.916	8.963	11.010	13.057	15.105	17.152	19.199	21.246
	37,50	4.373	6.069	7.765	9.461	11.157	12.853	14.549	16.245	17.941
	50,00	3.877	5.222	6.567	7.912	9.257	10.602	11.947	13.291	14.636
	62,50	3.382	4.375	5.369	6.363	7.357	8.350	9.344	10.338	11.331
	75,00	2.886	3.529	4.171	4.814	5.456	6.099	6.741	7.384	8.026
	87,50	2.390	2.682	2.973	3.264	3.556	3.847	4.139	4.430	4.721
	100,00	1.895	1.835	1.775	1.715	1.656	1.596	1.536	1.476	1.417

Fonte: elaboração própria.

A análise da sensibilidade da demanda de potássio do solo é similar. Ou seja, quanto maior a demanda de potássio para um mesmo percentual fertirrigado, maior a necessidade de compra do fertilizante mineral. Ressalta-se que a demanda do nutriente também aumenta na área fertirrigada, mas como toda a vinhaça é aplicada e o potássio contido é, na maioria dos casos, maior que a demanda, o que ocorre é o melhor aproveitamento deste subproduto.

Tabela 40 - Biofom - Sensibilidade do VPL - Área de Cultivo Própria e Percentual Fertirrigado

	Cana própria (%)								
	0,00	12,50	25,00	37,50	50,00	62,50	75,00	87,50	100,00
0,00	1.985	6.027	10.068	14.110	18.151	22.193	26.234	30.276	34.317
12,50	1.985	5.511	9.036	12.561	16.087	19.612	23.137	26.662	30.188
25,00	1.985	4.994	8.004	11.013	14.022	17.031	20.040	23.049	26.058
37,50	1.985	4.478	6.971	9.464	11.957	14.450	16.943	19.436	21.929
50,00	1.985	3.962	5.939	7.916	9.893	11.869	13.846	15.823	17.800
62,50	1.985	3.446	4.907	6.367	7.828	9.289	10.749	12.210	13.671
75,00	1.985	2.930	3.874	4.819	5.763	6.708	7.652	8.597	9.541
87,50	1.985	2.414	2.842	3.270	3.699	4.127	4.555	4.984	5.412
100,00	1.985	1.897	1.810	1.722	1.634	1.546	1.458	1.371	1.283

Fonte: elaboração própria.

Esta sensibilidade acima auxilia também na análise de um fator que não foi considerado no modelo: a aplicação das cinzas e torta de filtro como fertilizantes na Usina Padrão. Como foi mencionado, estes dois resíduos do processo produtivo também contêm potássio, mesmo que em menor proporção que a vinhaça. Logo, sua aplicação já estaria suprindo parte da demanda do solo e reduzindo, de certa forma, as vantagens da tecnologia, exatamente como mostra a leitura da Tabela 39 na sua perspectiva horizontal.

A tabela abaixo apresenta dois parâmetros de grande relevância para o modelo dada sua sensibilidade. Quanto maior o custo para fertirrigação da vinhaça da usina maior a oportunidade de ganho trazida pela tecnologia. O mesmo acontece com o preço do fertilizante mineral, que será substituído pelo Biofom na usina com a tecnologia.

Tabela 41 - Análise de Sensibilidade do VPL - Preço do Fertilizante (KCl) e Custo de Fertirrigação

	Custo da fertirrigação (R\$/m ³)								
	3,00	3,75	4,50	5,25	6,00	6,75	7,50	8,25	9,00
0,50	(7.941)	(5.891)	(356)	3.369	7.094	10.819	14.544	18.269	21.995
0,94	(2.990)	735	4.460	8.185	11.910	15.635	19.360	23.086	26.811
1,38	1.826	5.551	9.276	13.001	16.726	20.452	24.177	27.902	31.627
1,81	6.642	10.367	14.092	17.817	21.543	25.268	28.993	32.718	36.443
2,25	11.458	15.183	18.908	22.634	26.359	30.084	33.809	37.534	41.259
2,69	16.274	20.000	23.725	27.450	31.175	34.900	38.625	42.350	46.075
3,13	21.091	24.816	28.541	32.266	35.991	39.716	43.441	47.166	50.891
3,56	25.907	29.632	33.357	37.082	40.807	44.532	48.257	51.982	55.707
4,00	30.723	34.448	38.173	41.898	45.623	49.348	53.073	56.798	60.523

Fonte: elaboração própria

O custo de capital próprio e de capital de terceiros, possuem baixa sensibilidade no modelo como pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 42 – Biofom - Sensibilidade do VPL - Custo de Capital Próprio e de Terceiros

	Taxa financiamento (%)								
	3,00	3,88	4,75	5,63	6,50	7,38	8,25	9,13	10,00
4,00	20.982	20.480	19.982	19.487	18.997	18.510	18.026	17.547	17.070
5,00	19.314	18.825	18.339	17.857	17.379	16.904	16.433	15.966	15.501
6,00	17.777	17.300	16.826	16.356	15.890	15.427	14.967	14.511	14.058
7,00	16.359	15.893	15.431	14.972	14.517	14.065	13.616	13.171	12.729
8,00	15.049	14.594	14.142	13.694	13.250	12.808	12.370	11.935	11.504
9,00	13.837	13.392	12.951	12.513	12.078	11.647	11.219	10.794	10.373
10,00	12.714	12.279	11.848	11.420	10.995	10.573	10.155	9.739	9.327
11,00	11.673	11.248	10.826	10.407	9.992	9.579	9.170	8.763	8.360
12,00	10.707	10.291	9.878	9.468	9.061	8.657	8.257	7.859	7.464

Fonte: elaboração própria

4.1.2.2 Comentários gerais

As análises mostraram que a tecnologia é viável na maioria dos cenários, sendo que alguns parâmetros têm maior ou menor impacto no resultado. Isso indica que sua implementação e respectivos ganhos têm que ser analisados caso a caso, considerando a configuração da usina cliente.

Como ilustração, foram feitas simulações com parâmetros isolados de forma a captar a variação necessária para anular o VPL. Mantendo as outras premissas constantes, apenas três parâmetros isolados levaram ao cenário de equilíbrio, como mostra tabela abaixo.

Tabela 43 – Biofom – Variação dos Principais Parâmetros para Cenário de Equilíbrio

Premissa	Cenário Base	VPL = 0	Δ%
Volume cana processada (tcp/h)	317,30	196,30	-38%
Percentual cana para produção etanol (%)	60,00	6,00	-90%
Custo de Transporte e Aplicação da Vinhaça (R\$/m ³)	6,00	2,69	-55%

Fonte: elaboração própria

Além destas variáveis, a análise de sensibilidade mostrou outros cenários que tendem a prejudicar o modelo, a saber:

- Percentual de cana própria abaixo de 60%;
- Mix de produção abaixo de 50% de etanol; e
- Custo da fertirrigação inferior a R\$ 4,50.

Como não foi possível demonstrar ou validar muitos dos parâmetros tanto operacionais quanto propriedades químicas das substâncias, os resultados foram analisados por meio da sua sensibilidade. É importante ressaltar que este estudo não pretende generalizar nem esgotar a discussão sobre a viabilidade da tecnologia, mas analisar os principais componentes para um estudo individual de sua apli-

cação nas usinas. Nesse sentido, torna-se imprescindível que a escolha ou decisão pela implantação da tecnologia seja embasada num estudo de viabilidade individual.

Além disso, sugere-se que os contratos de transferência estejam vinculados à *performance* da tecnologia, pelo menos quanto às variáveis de maior sensibilidade e incerteza. Tal prática ajudaria a resguardar as usinas de parte do risco pelo investimento, substanciando a política comercial com foco em resultados e na revisão de parâmetros, se necessário.

4.1.3 Tratamento de Efluentes e Águas Residuárias

A Meri Sistemas e Tecnologia Ltda, propõe um processo de produção de Biogás a partir da vinhaça. O processo tecnológico é inserido no processo da usina antes que a vinhaça seja fertirrigada, a Meri selecionou um microrganismo e desenhou bioreatores que otimizam o processo de fermentação e produção do biogás. Este processo otimizado permite a produção de um Biogás rico principalmente em gás metano oriundo da vinhaça, podendo ser purificado e utilizado para acionamento de motores (veículos ou estacionários) ou então utilizado para a geração de energia elétrica. O Biometano produzido a partir da purificação do biogás pode ser utilizado como combustível alternativo similar ao GNV em motores flex diesel com a condição que se enquadre nas normas de qualidade da ANP. A produção do gás ocorre a partir da redução da demanda química de oxigênio da vinhaça que continua a ser utilizada na fertirrigação, a redução do DQO da vinhaça evita o risco de problemas socioambientais.

4.1.3.1 Modelo Comercial

A Meri adota um modelo comercial de venda direta ao usuário final, usina do setor sucroalcooleiro, sendo fornecida a planta industrial da tecnologia e todo o treinamento necessário a equipe responsável pela operação da mesma.

4.1.3.2 Ganhos Incrementais Potenciais

Como citado, o principal produto do processo inovador proposto é o Biogás e seu uso, após um processo de purificação, em motores veículos ou estacionários. A produção do gás Biometano como um novo subproduto da usina pode gerar ganhos seja pela comercialização do mesmo como uma nova fonte de receitas ou pelo uso deste gás em substituição ao diesel ou gasolina na frota da usina e em equipamentos. O biogás ainda pode ser utilizado na geração de energia elétrica que pode ser utilizada na própria usina ou comercializada. É válido destacar que além dos investimentos, custos e despesas incrementais decorrentes da aquisição da tecnologia é necessário avaliar os processos subsequentes que permitam as aplicações levantadas do biogás, o que pode gerar novos investimentos, custos e despesas.

A proponente informa que o Gás Carbônico (CO₂) gerado no tratamento anaeróbio pode ser separado e comercializado, bem como o enxofre metálico advindo do Sulfeto de Hidrogênio (H₂S).

4.1.3.3 Dados Fornecidos

Foram recebidas poucas informações da empresa proponente para avaliação econômica financeira da tecnologia. As informações disponibilizadas por meio do preenchimento do questionário enviado são resumidas na tabela abaixo.

Tabela 44 - Dados Fornecidos - Meri

Premissa	Valor	Observação
Potencial Cliente	Usina Produtora de Etanol	Produção mínima de 600 tcp/dia.
CAPEX Reator R2S - Full Scale	US\$ 200,00/kgDQO	Vida útil de 30 anos. Refere-se ao custo do reator e periféricos, bombas, válvulas, instrumentação, etc. Não inclui elétrica e civil.
Áreas do terreno Necessário	1.000 m ²	
Produção Estimada de Energia Elétrica	1,5 KW/kgDQO	
Consumo de Energia Elétrica	US\$ 0,015/kgDQO	
Custos de Manutenção e Operação	US\$ 0,35/kgDQO	Reator R2S e a Planta de Purificação de Biogás.
Custos com Reparos	US\$ 0,025/kgDQO	Reator R2S e a Planta de Purificação de Biogás.
Pessoal	04 operadores	Durante o período da safra.
<i>Salário Bruto Individual</i>	R\$ 1.800,00	
Isenção Tributária	IPI	Alíquota de 0% - Artigo 1º do DECRETO 5.468/05

Observação: O CAPEX Reato

O CAPEX informado não contempla os investimentos totais necessários para auferir os potenciais ganhos da tecnologia. O Reator R2S permite a geração do Biogás mas não abrange o processo até a produção do Biometano ou a Geração de Energia Elétrica. Além disso, ainda devem ser considerados investimentos na adaptação da frota, equipamentos para geração da energia elétrica e outros, ou então tratar como premissa que a usina cliente já possui essas estruturas e equipamentos.

Não foram informadas métricas que permitam mensurar a relação de produção do Biogás e o volume de vinhaça processado pela tecnologia e nem mesmo a ligação desta produção com as alterações no kgDQO da vinhaça. Sendo assim, o cálculo de diversos parâmetros que foram fornecidos em função do kgDQO não podem ser calculados.

Para a avaliação da tecnologia proposta pela Meri, mensurando ao menos os principais pontos de ganhos potenciais citados, seriam ainda necessários diversos parâmetros como o volume de Biometano produzido a partir do Biogás, a relação Biogás e geração de energia elétrica, o consumo de veículos e motores com o Biometano e etc.

Foram enviados e-mails e realizadas reuniões via telefone com a empresa proponente, solucionando dúvidas de entendimento dos ganhos potenciais da tecnologia e solicitando dados complementares. Parte dos dados faltantes foram enviados, no entanto, a avaliação teve que se restringir a análises qualitativas.

4.1.4 Aquex Vinasse SAB

4.1.4.1 Introdução

A empresa Vibra do Brasil Representações e Comercio Ltda. propõe um sistema de tratamento da vinhaça por meio de uma tecnologia que separa os sólidos e recupera a água para sua reutilização na indústria. Os sólidos podem ser aproveitados como adubo sólido, complemento para alimento animal ou, se *pelletizado*, como combustível para geração de energia elétrica.

Sabe-se que o processo da produção do etanol produz um resíduo altamente poluente denominado vinhaça. Ao final do processo, são gerados de 10 a 16 litros deste subproduto para cada litro de etanol, o que pode representar um problema ambiental relevante se não tratado adequadamente.

Nesse sentido, a Vibra do Brasil desenvolveu o sistema Aquex Vinasse SAB, que consiste em um processo diferenciado dos outros existentes. Trata-se de um sistema contínuo e focado na separação do líquido dos sólidos por meio físico-mecânico, com um tratamento aeróbico de curto tempo.

A Vibra afirma que com uma pequena área física, consumo baixo de energia elétrica e capacidade de processamento de grandes volumes, um tanque de separação, que se utiliza do efeito *Coriolis*, é responsável pela separação inicial dos sólidos e líquidos. Este tanque é conhecido como SAB (*Schnell-Absatz-Behaelter*) e consiste em uma invenção alemã.

A vinhaça, com temperatura entre 60°C e 90°C, é misturada com um flocculante, passa por um misturador estático e é levada por meio de uma bomba até o sistema SAB. O sistema SAB possui um cone de entrada que aumenta consideravelmente a velocidade da vinhaça misturada com o flocculante e gera, devido ao efeito de *Coriolis*, uma rotação que obriga o efluente a passar por um sistema de microfiltro e um segundo de nano filtração. As partículas sólidas são, assim, por um simples princípio físico, separadas do líquido. As diferenças de densidade e a velocidade ascendente adquirida pelo líquido fazem com que as partículas sólidas se depositem no fundo, com geometria cônica, do sistema SAB, e por meio de bombas, cada vez que adquirem um determinado volume, são automaticamente retiradas. Em seguida, o material sólido é levado para o sistema de secagem e pelletização onde obtém-se um combustível com poder calorífico de 3.500 Kcal/kg. Alternativamente à utilização como combustível, o produto final também pode ser misturado em ração animal ou aproveitado como adubo. Destaca-se que os *pellets* devem passar por uma moagem para a utilização como fertilizante.

4.1.4.2 Modelo Comercial

A Vibra adota um modelo comercial de venda direta ao usuário final, usina do setor sucroalcooleiro, sendo fornecida a tecnologia, o que inclui todos os equipamentos envolvidos e todo o treinamento necessário à equipe responsável pela operação da mesma.

Um diferencial adotado pela empresa é a opção de fornecimento inicial de um sistema móvel de pequeno porte para tratamento da vinhaça. Este sistema, de baixo investimento, serve para determinar

com exatidão todos os dados, parâmetros, resultados esperados, eficiência e outros fatores de importância, assim como custos de uma instalação industrial final, no tamanho que será necessária para o tratamento da vinhaça, total ou parcial.

4.1.4.3 Ganhos Incrementais Potenciais

O sistema SAB permite a diminuição da quantidade de água a ser captada, uma vez que passa a recuperá-la para reuso na própria usina. Existem, ainda, outros benefícios ambientais, tais como a preservação dos lençõs freáticos, a não poluição de rios, a eliminação de fontes de prosperação de insetos vetores de doenças e de odores que incomodam o ser humano. Adicionalmente, parte da água recuperada, mediante um tratamento de osmose reversa, pode ser transformada em água para consumo humano.

Além da recuperação da água presente na vinhaça, o produto final da tecnologia tem 03 (três) aplicações possíveis, descritas abaixo.

A concentração da vinhaça e produção de um adubo sólido permitem um melhor aproveitamento do potássio presente neste resíduo. O custo de transporte e aplicação da vinhaça *in natura* tende a ser superior quando comparado aos custos de transporte do adubo sólido. Com isso são gerados ganhos a partir da redução do custo de transporte e aplicação da vinhaça e, possivelmente, será promovida a substituição da compra de fertilizante mineral (KCL).

A segunda aplicação dos *pellets* está relacionada à produção adicional de energia elétrica a partir da sua combustão. Existem, ainda, outras vantagens, como créditos outorgados pelo Estado de São Paulo pela utilização de sistemas e tecnologias inovadores para a preservação do meio ambiente e a geração de energia elétrica.

Alternativamente, o produto da tecnologia ainda pode ser vendido para utilização como complemento para ração animal.

4.1.4.4 Estudo Apresentado pelo Proponente

4.1.4.4.1 **Ganhos Energéticos**

O sistema é composto por módulos que trabalham em regime contínuo e processam até 150m³/h de vinhaça. De acordo com os dados fornecidos pelo proponente, tal quantidade de vinhaça é capaz de gerar 6.000 kWh de energia elétrica a partir da queima da massa seca obtida após o processamento no sistema SAB. Considerando-se que o consumo da planta de tratamento é de 500 kWh, obtém-se, nos cálculos do proponente, um saldo de 5.500 kWh.

Não foram informados estimativas ou parâmetros para cálculos das outras formas possíveis de ganho.

4.1.4.4.2 Investimentos Necessários

Para a implantação de um sistema móvel de tratamento de vinhaça, com o Sistema Aquex-Vinasse SAB, para tratar até 10 m³/h, o investimento é de R\$ 780.000,00. Tal sistema móvel serve para determinar com exatidão todos os dados, parâmetros, resultados esperados e eficiência, assim como custos de uma instalação industrial final, no tamanho que será necessário para o tratamento da vinhaça, total ou parcial.

O valor supracitado inclui o sistema móvel completo, pronto para funcionar, com parte eletrônica, transmissão dos dados via internet, bombas, acionamentos, etc. Não é considerado, entretanto, o tratamento do lodo e a usina precisa determinar um lugar perto de um ponto de sucção da vinhaça e providenciar a linha para a água e o descarte do lodo.

Para a instalação do sistema SAB completo e definitivo, a usina precisa fornecer uma tubulação proveniente do grupo de bombas de vinhaça até a interligação com a estação Aquex-Vinasse SAB. Os *pellets* podem ser entregues em *Big-Bags* ou por meio de uma correia transportadora ou outro sistema de transporte disponibilizado pela usina. Em sua maioria, os equipamentos não precisam de proteção e ocupam uma área máxima coberta de aproximadamente 2.500 m².

De acordo com a Vibra, para efeito de orçamento, o investimento necessário para a aquisição de todo o sistema Aquex-Vinasse SAB é de R\$ 8.350.000,00, já incluídos os impostos. Desconsiderando-se o sistema de secagem da torta, o valor passa a ser de R\$ 1.980.320,00.

Para a montagem mecânica e elétrica das instalações fixas, com os materiais de consumo e fabricação de tubulações, guindaste, etc., o proponente estima um valor de R\$ 980.000,00, com os impostos pertinentes inclusos.

Destaca-se que os valores mencionados tem data base de abril de 2013 e que, como existem componentes importados, o preço está sujeito às alterações inflacionárias e cambiais. Ressalta-se, ainda, que eventuais obras civis não estão incluídas nos preços.

4.1.4.4.3 Custos Operacionais

Para a operação do sistema não existe uma demanda de contratações extraordinárias. O sistema pode ser operado por dois técnicos devidamente treinados. Para manutenção utiliza-se o mesmo pessoal que serve a usina. O custo do técnico treinado especificamente para o sistema pode ser unicamente determinado pela usina, conforme a sua política salarial.

Os investimentos orçados pela Vibra incluem peças de reposição sobressalentes para 02 (dois) anos de operação.

4.1.4.5 Comentários gerais

Os números apresentados pelo proponente mostram que o Sistema SAB permite um aumento na geração de energia elétrica da ordem de 5,50 MWh. Considerando um preço de venda da energia excedente de R\$ 90,00 por MWh, uma instalação SAB gera ganhos financeiros próximos a R\$ 2,5 milhões por ano, por meio da exploração dos sólidos retirados da vinhaça como combustível, como pode ser observado na tabela a seguir.

Tabela 45 - Composição dos Ganhos, em Reais, gerados pelo Sistema SAB.

Descrição	Valor
Preço da Energia Vendida (R\$/MWh)	90,00
Ganho Energético (MWh)	5,500
Ganho por hora (R\$)	495,00
Ganho por ano (R\$)*	2.494.800,00

* Foram considerados 210 dias por ano e 24 horas por dia.

Fonte: *Elaboração Própria, com base em dados fornecidos pela Vibra.*

Em contrapartida, existem os investimentos que precisam ser realizados para instalar o sistema, os custos e despesas para sua operação, e os custos variáveis com a venda de energia elétrica.

Alternativamente, os sólidos resultantes do Sistema SAB podem ser explorados como ração animal ou adubo, mas não foram informados parâmetros ou regras que permitissem essa estimativa.

De forma geral, os dados apresentados pelo proponente indicam que a tecnologia apresenta um potencial de ganho econômico. Contudo, o nível de detalhamento e o prazo de fornecimento das informações não permitiram a elaboração de uma análise de sensibilidade dos parâmetros mais importantes, a construção de um fluxo de caixa para avaliação econômico-financeira dos resultados, nem a confirmação do cálculo dos resultados alcançados.

Não obstante, fica claro que muitas variáveis são inerentes à tecnologia e foram utilizadas estimativas apresentadas pelo próprio proponente. Sabendo-se da relevância destes parâmetros e do resultado financeiro efetivo para conclusões sobre a viabilidade das tecnologias, sugere-se que os contratos de transferência estejam vinculados à performance da mesma. Tal prática ajudaria a resguardar as usinas de parte do risco pelo investimento, substanciando a política comercial com foco em resultados e na revisão de parâmetros, se necessário.

Além disso, a decisão pela implantação da tecnologia deveria ser embasada num estudo de viabilidade de individual, com a utilização de dados específicos de cada usina, neste caso:

- Custo atual para descarte da vinhaça;
- Preço pago por m³ de água captada;
- Custo da energia elétrica para a usina;
- Preço de venda da energia elétrica. resultante da cogeração com a utilização do combustível gerado pelo processo;

- Custo de hora-homem (para operação); e
- Valores gerados em crédito de carbono pela não emissão de CO₂ e outros incentivos oferecidos pelo Governo Estadual.

4.1.5 Compress

O Compress é uma tecnologia desenvolvida pelo Grupo Exal cujo objetivo é reduzir o volume da vinhaça. Esta tecnologia busca a concentração deste sub-produto da destilação por meio da evaporação da água presente nessa solução.

A evaporação é realizada por um sistema de múltiplo efeito, empregando evaporadores em série de tal forma que a vinhaça é concentrada parcialmente em cada um desses corpos de evaporação. O vapor resultante de cada efeito é empregado como meio de aquecimento do efeito seguinte. Assim, o consumo de vapor do processo ocorre somente no primeiro efeito. O processo também oferece um termo compressão do vapor vegetal no 1º efeito para diminuição do consumo de vapor. A eficiência térmica ou econômica é de 4,56 kg de água evaporada por kg de vapor consumido.

Trabalha-se com vapor saturado a 13 atm ou 1 atm de acordo com a disponibilidade de vapor na usina. O consumo estabelece-se em cerca de 0,22 kg de vapor/L de água evaporada. As pressões em cada efeito serão ditadas pela pressão do vapor do processo e a do condensador do último efeito de acordo com o vácuo produzido.

O sistema de alimentação e do aquecimento é em paralelo. Os evaporadores são do tipo “*Falling Film*” ou película descendente. De acordo com as experiências realizadas na Usina Santa Elisa, o proponente afirma que a intensidade da incrustação sobre os tubos dos trocadores de calor é reduzida ao manter um regime de operação contínua na planta.

A partir da instalação e implementação da tecnologia, obtém-se como produto uma vinhaça concentrada a até 60° Bx, sendo que o ideal para fertirrigação é concentrar a vinhaça a até 30° Bx, o que representa uma redução de até 90% de seu volume, e também água ácida. Essa água pode ser utilizada para diversas funções dentro da usina como, por exemplo, limpeza de condensadores, lavagem de dornas, reposição de circuitos de águas de resfriamento e lavagem de resfriadores, entre outros.

4.1.5.1 Modelo comercial

O Grupo Exal adota um modelo comercial de venda direta ao usuário final, usina do setor sucroalcooleiro, no modelo *turn key*, sendo fornecida a planta industrial da tecnologia e todo o treinamento necessário à equipe responsável pela operação da mesma.

4.1.5.2 Avaliação econômica

4.1.5.2.1 **Construção do modelo**

O modelo de avaliação foi construído de forma a captar os ganhos e custos adicionais em relação a um cenário padrão dado por uma usina com mix de produção voltado todo para o etanol com os seguintes indicadores de produção;

- produtividade de 78,79 litros por toneladas de cana processada;
- operação contínua de 210 dias por ano e 24 horas por dia; e
- produção de 12,5 litros de vinhaça por litro de etanol.

O principal ganho proporcionado pelo Compress é a redução do volume da vinhaça, gerando impacto direto na redução dos custos de transporte e aplicação no canavial.

Outro impacto resultante da redução do volume da vinhaça, mas que não foi considerado no modelo, é a possibilidade de substituição do fertilizante mineral (KCL), utilizado para suprir a demanda de potássio do canavial, onde a fertirrigação torna-se inviável pelo seu elevado custo de transporte.

Outra vantagem da tecnologia se dá pela redução na captação de água da usina, uma vez que a água extraída da vinhaça pode ser utilizada em outros processos.

É importante ressaltar que este estudo não pretende generalizar, nem esgotar a discussão sobre a viabilidade da tecnologia, mas analisar os principais componentes para um estudo individual de sua aplicação nas usinas. Nesse sentido, torna-se imprescindível que a escolha ou decisão pela implantação da tecnologia seja embasada num estudo de viabilidade econômica e financeira individual.

4.1.5.2.2 **Premissas econômicas**

4.1.5.2.2.1 *Capex*

O proponente informou o seguinte investimento necessário para implantação da tecnologia.

Tabela 46 – Compress – Capex

Investimento	Modelo	Valor	Vida útil (anos)
Concentrador de vinhaça Exal	150 m ³ /h	R\$ 15.820 mil	20
Obras civis	-	R\$ 300 mil	-

Fonte: Grupo Exal

Não foram informados investimentos necessários para diferentes escalas de produção. Segundo o proponente, o concentrador é projetado e orçado de acordo com as características do cliente, incluindo fatores como, volume de vinhaça, concentração de entrada e saída da vinhaça, e quantidade de vapor de contrapressão disponível.

O Grupo Exal não deixou claro, mas foi considerada a possibilidade de instalação dos equipamentos na entressafra, gerando resultado imediato no primeiro ano.

Apesar de existir a possibilidade de substituição ou inutilização de equipamentos, não foram considerados valores de desinvestimento, bem como não foram considerados possíveis investimentos em novos sistemas de transporte e aplicação da vinhaça.

A linha de financiamento adotada foi o PSI do BNDES, que permite financiar o máximo de 90% do valor das máquinas e equipamentos novos, por um prazo máximo de 120 (cento e vinte) meses e carência mínima de 3 (três) meses.

Tabela 47 - Compress - Financiamento

Financiamento	Valor	Unidade	Fonte
Percentual CAPEX financiado	90	% CAPEX	BNDES
Spread	3,0	% a.a.	BNDES
Modalidade	SAC	n/a	BNDES
Carência	3	meses	BNDES
Período de amortização	117	meses	BNDES

Fonte: elaboração própria

4.1.5.2.2.2 Custos e despesas

O proponente informou a necessidade de dois funcionários por turno com salário bruto de R\$ 2.500,00, que somados os encargos geram um custo anual com pessoal de aproximadamente R\$ 338.400,00.

Os custos de manutenção e reparo dos equipamentos de forma a manter sua vida útil em 20 anos com a mesma capacidade é de R\$ 50.000,00 por ano.

Os insumos demandados pelo processo são três, todos medidos conforme o volume de água evaporada da vinhaça, a saber:

- O consumo de vapor de contrapressão se dá na ordem de 0,23 kg por litro de água evaporada. Foi utilizado um custo de referência de R\$ 3,00 por tonelada de vapor;
- A água de recirculação é utilizada para resfriamento do vapor extraído da vinhaça. O consumo se dá na ordem de 13 litros de água para cada litro de água evaporada. Porém, tratando-se de água de recirculação, o consumo considerado foi o da perda na Torre de Resfriamento, entre 1,5% e 3%. Com intuito de ser conservador, fixou-se a perda de 3%, gerando um consumo de água de 0,39 l/l (3% de 13 litros). O custo com a água tem pouco impacto porque o sistema proporciona ao final redução do custo de captação total da usina, uma vez que a água da vinhaça é útil em outros processos.
- O consumo de energia é próximo de 13,4 Watts por litro de água evaporada.

O proponente não deixou claro se considerou nestes insumos o custo para resfriamento da água de recirculação nas torres. Assume-se que este custo foi incluído ou que é desprezível.

Observa-se ainda que não foram computados rateios de custos indiretos para o processo e como não há acréscimo de novos produtos, também não foram incluídas despesas de comercialização.

4.1.5.2.2.3 Cálculo dos resultados

O principal ganho no modelo se dá pela redução dos custos de transporte da vinhaça. Para este cálculo assumem-se duas condições:

- O custo de aplicação da vinhaça no campo é o mesmo independente de sua concentração; e
- Não considera aumento da área fertirrigada e, por consequência, a substituição da compra de fertilizante mineral (KCL).

Sendo assim, o ganho econômico se dará pela comparação dos custos totais de transporte e aplicação da vinhaça na usina antes e depois da implantação da tecnologia. Este valor será equivalente ao volume reduzido na vinhaça multiplicado pelo seu custo de transporte.

A redução do custo de captação de água também foi considerada, sendo que o volume de água economizado é dado pelo volume de água evaporada menos a perda nas torres de resfriamento.

A tabela abaixo relaciona os parâmetros da usina padrão utilizados na modelagem.

Tabela 48 – Compress - Parâmetros do Cenário Padrão

Produção da usina padrão	Valor	Unidade	Fonte
Premissas			
Processamento da cana	152	tcp/hora	Grupo Exal
Dias de operação	210	dias/ano	STAB
Produção etanol média	78,79	l/tcp	CONAB
Produção vinhaça por litros de etanol	12,50	l/l	IAA/CENAL
Captação de água para uso industrial	1,83	m3/tcp	BNDES
Custo de captação da água	0,08	R\$/m3	Ceres
Custo médio de transporte e aplicação da vinhaça	6,00	R\$/m3	Ceres
Resultado na safra			
Processamento de cana	767.610	t	n/a
Produção de etanol	60.480	m3	n/a
Produção de vinhaça	756.000	m3	n/a
Produção da vinhaça por hora	150	m3/h	n/a
Custo transporte e aplicação vinhaça	4.536.000	R\$	n/a
Captação de água	1.404.726	m3	n/a
Custo de captação da água	112.378	R\$	n/a

Fonte: elaboração própria

Salienta-se ainda que o regime tributário utilizado foi o de Lucro Real e que todas as projeções foram realizadas em valores reais, livres de inflação, na data do investimento inicial. Os fluxos de depreciação e financiamento, por sua vez, foram deflacionados, tornando-os reais.

A tabela abaixo mostra a carga tributária considerada.

Tabela 49 - Compress - Carga tributária

4. Carga tributária	Valor	Unidade
COFINS	7,60	%
PIS	1,65	%
IRPJ	25,00	%
CSLL	9,00	%

Fonte: elaboração própria

4.1.5.2.3 Análise dos cenários

Foram avaliados dois cenários, cujos resultados são apresentados a seguir.

4.1.5.2.3.1 Cenário do Proponente

O cenário proposto pelo Grupo Exal considera as estimativas de ganhos e custos conforme valores informados no questionário de avaliação.

Tabela 50 - Compress – Parâmetros do Cenário do Proponente

Secagem da vinhaça	Valor	Unidade	Fonte
Dados da tecnologia			
CAPEX - máquinas	15.820.000	R\$	Grupo Exal
CAPEX – obras	300.000	R\$	Grupo Exal
Depreciação das máquinas	20	anos	Grupo Exal
Redução do volume da vinhaça	90	%	Grupo Exal
PMSO			
Pessoal	338.400	R\$/ano	Grupo Exal
Custo de manutenção anual	50.000	R\$/ano	Grupo Exal
Valor da energia elétrica	90,00	R\$/MW	Ceres
Consumo de energia por litro de água evaporada	13,4	W/l	Grupo Exal
Custo vapor de contrapressão	3,00	R\$/t	Ceres
Consumo de vapor por litro de água evaporada	0,230	Kg v/l	Grupo Exal
Consumo de água (refrigeração) por litro de água evaporada - perda por evaporação	0,4	l/l	Grupo Exal
Resultados por safra			
Cana transportada e processada	767.610	t	n/a
Produção de etanol	60.480	m3	n/a
Produção vinhaça	75.600	m3	n/a
Custo de transporte e aplicação da vinhaça	453.600	R\$	n/a
Redução custo de transporte	4.082.400	R\$	n/a
Água evaporada para reúso industrial	680.400	m3	n/a
Consumo de vapor	156.492	t	n/a
Custo vapor	469.476	R\$	n/a
Consumo de água (perda evaporação)	265.356	m3	n/a
Redução consumo geral de água	415.044	m3	n/a
Ganho redução captação de água	33.204	R\$	n/a
Consumo de energia	9.117	MW	n/a
Custo incremental de energia	820.562	R\$	n/a

Fonte: elaboração própria

Neste cenário, todos os parâmetros da Usina Padrão foram mantidos constantes. Assim, esta unidade do Compress está operando na sua capacidade máxima de 150 m³ vinhaça/hora, e na sua produtividade máxima, reduzindo 90% o volume da vinhaça e levando sua concentração de sólidos ao limite para fertirrigação (entre 28° Bx e 30° Bx).

A seção da tabela Resultados por Safra mostra que o custo de transporte e aplicação da vinhaça foi reduzido em R\$ 4.082.400,00 e que a tecnologia ainda proporciona o ganho de R\$ 33.204,00 no período referente à economia com captação de água.

Neste nível de produção, os custos com energia são próximos de R\$ 820.562,00 para um consumo de 9.117 MW. O consumo de 156.492 t de vapor, por sua vez, gera um custo adicional de R\$ 469.476,00.

Tomando um período de avaliação de 11 anos, a implantação da tecnologia gera o seguinte fluxo de caixa com seus respectivos indicadores de resultado.

Tabela 51 - Compress - Fluxo caixa Cenário Proponente

DCF	2013	2014	2015	2016	2023
Redução do custo de transporte a aplicação da vinhaça	4.082.400	4.082.400	4.082.400	4.082.400	4.082.400
Custo direto secagem	(1.595.235)	(1.595.235)	(1.595.235)	(1.595.235)	(1.595.235)
= Lucro Bruto	2.487.165	2.487.165	2.487.165	2.487.165	2.487.165
(-) Despesas Operacionais	(50.000)	(50.000)	(50.000)	(50.000)	(50.000)
= EBITDA	2.437.165	2.437.165	2.437.165	2.437.165	2.437.165
(-) Depreciação	(785.281)	(743.857)	(708.377)	(676.956)	(508.470)
(-) Despesas Financeiras	(219.799)	(385.485)	(361.972)	(340.473)	(228.009)
= EBIT	1.432.085	1.307.822	1.366.817	1.419.736	1.700.686
(-) IR	(358.021)	(358.021)	(358.021)	(358.021)	(358.021)
(-) CSLL	(128.888)	(128.888)	(128.888)	(128.888)	(128.888)
= LL	945.176	820.913	879.908	932.827	1.213.777
(+) Depreciação	785.281	743.857	708.377	676.956	508.470
(-) Investimentos	(16.120.000)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	13.963.688	-	-	-	-
(-) Amortizações	(106.252)	(135.263)	(128.345)	(122.002)	-
= FCFE	(532.107)	1.429.508	1.459.940	1.487.781	1.722.248
= Saldo de Caixa	(532.107)	897.401	2.357.341	3.845.122	14.976.891
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,50%</i>	<i>7,27%</i>	<i>7,32%</i>	<i>7,11%</i>	<i>6,92%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,84</i>	<i>0,79</i>	<i>0,50</i>
Valor Presente (FC)	(515.614)	1.286.635	1.223.453	1.169.701	852.839
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(515.614)	771.021	1.994.474	3.164.175	9.947.013

Fonte: elaboração própria

Tabela 52 - Compress - Indicadores Cenário do Proponente

Indicadores	Valores
TIR (% a.a.)	270,70
MTIR (% a.a.)	44,53
Payback	1 Anos e 4 Meses

VPL (R\$) 9.947.013

Fonte: elaboração própria

Em relação ganhos incrementais do projeto para usina, as duas tabelas acima mostram resultados positivos, indicando sua viabilidade de implantação dados todos os parâmetros e regras consideradas.

4.1.5.2.3.2 Cenário de Equilíbrio

O Cenário de Equilíbrio considera os parâmetros ajustados de forma a tornar o VPL nulo, com o objetivo de construir uma perspectiva mais conservadora frente ao Cenário do Proponente.

A tabela abaixo apresenta as principais diferenças entre o Cenário do Proponente e o Cenário de Equilíbrio.

Tabela 53 – Compress - Diferenças entre Cenário do Proponente e Cenário de Equilíbrio

Parâmetro	Unidade	Proponente	Equilíbrio	Variação (p.p)
Produção da vinhaça por hora	m ³ /hora	150	120	-20
Custo médio de transporte e aplicação da vinhaça	R\$/m ³	6,00	4,80	-20
Redução do volume da vinhaça	%	90	72	-20
Valor da energia elétrica	KW	90,00	108,00	+20
Consumo de energia por litro de água evaporada	W/l	13,4	16,1	+20
Custo vapor de contrapressão	R\$/t	3,00	3,60	+20
Consumo de vapor por litro de água evaporada	Kg v/l	0,230	0,276	+20
Taxa de juros financiamento	% a.a.	3,0	3,3	+11

Fonte: elaboração própria

O critério de escolha dessas variáveis está relacionado a dois fatores. Como pôde ser observado no Cenário do Proponente, algumas foram definidas pelo Grupo Exal como parâmetros da própria tecnologia, de entrada ou de resultados, e não puderam ser validadas. Além disso, como será analisado posteriormente, estas são as variáveis que têm maior impacto na sensibilidade dos resultados finais.

Estas variáveis foram escolhidas por terem sido definidas pelos proponentes como níveis de produtividade e resultados da tecnologia, ou por serem sensíveis aos resultado final, como será visto em seção posterior.

Este cenário gerou os resultados apresentados nas duas tabelas a seguir.

Tabela 54 - Compress - Fluxo caixa Cenário de Equilíbrio

DCF	2013	2014	2015	2016	2023
Redução do custo de transporte a aplicação da vinhaça	2.098.092	2.098.092	2.098.092	2.098.092	2.098.092
Custo direto secagem	(1.510.464)	(1.510.464)	(1.510.464)	(1.510.464)	(1.510.464)
= Lucro Bruto	587.628	587.628	587.628	587.628	587.628
(-) Despesas Operacionais	(50.000)	(50.000)	(50.000)	(50.000)	(50.000)
= EBITDA	537.628	537.628	537.628	537.628	537.628
(-) Depreciação	(785.281)	(743.857)	(708.377)	(676.956)	(508.470)

(-) Despesas Financeiras	(244.379)	(428.595)	(402.451)	(378.548)	(253.507)
= EBIT	(492.032)	(634.824)	(573.200)	(517.876)	(224.349)
(-) IR	123.008	123.008	123.008	123.008	123.008
(-) CSLL	44.283	44.283	44.283	44.283	44.283
= LL	(324.741)	(467.533)	(405.909)	(350.586)	(57.058)
(+) Depreciação	785.281	743.857	708.377	676.956	508.470
(-) Investimentos	(16.120.000)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	13.963.688	-	-	-	-
(-) Amortizações	(106.252)	(135.263)	(128.345)	(122.002)	-
= FCFE	(1.802.025)	141.062	174.123	204.368	451.412
= Saldo de Caixa	(1.802.025)	(1.660.963)	(1.486.840)	(1.282.472)	919.561
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,50%</i>	<i>7,27%</i>	<i>7,32%</i>	<i>7,11%</i>	<i>6,92%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,84</i>	<i>0,79</i>	<i>0,50</i>
Valor Presente (FC)	(1.746.169)	126.963	145.918	160.675	223.534
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(1.746.169)	(1.619.206)	(1.473.288)	(1.312.613)	0

Fonte: elaboração própria

Tabela 55 – Compress - Indicadores Cenário de Equilíbrio

Indicadores	Valores
TIR (% a.a.)	6,95
MTIR (% a.a.)	6,95
Payback	8 Anos e 8 Meses
VPL (R\$)	(0)

Fonte: elaboração própria

Observa-se que neste cenário o Payback é atingido em aproximadamente 8 anos e 8 meses e a TIR se iguala à taxa de desconto estática do modelo, ou seja, a taxa equivalente àquela construída sobre a curva de juros.

4.1.5.2.4 Análise de sensibilidade dos parâmetros de maior impacto

Esta seção mostra a sensibilidade do resultado da implantação da tecnologia, representado pelo VPL, diante da variação dos parâmetros mais relevantes em relação ao Cenário do Proponente.

Como o Grupo Exal não informou o investimento necessário para diferentes níveis de produção, não foi possível apresentar uma sensibilidade em relação ao volume de vinhaça processado. Contudo, sabendo que a capacidade máxima da versão apresentada é de 150m³/h foi feito um exercício, reduzindo este volume e mantendo todos os outros fatores constantes, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 56 - Compress - Sensibilidade do VPL ao volume de vinhaça processado

Vinhaça processada m ³ /hora	VPL (R\$ milhões)
98	4.965
105	5.587
111	6.210
118	6.833
124	7.456
131	8.079

137	8.701
144	9.324
150	9.947

Fonte: elaboração própria.

Estes resultados mostram que a tecnologia permite ganho de escala, visto que quanto maior o volume de vinhaça processado, maior o VPL do projeto.

Os dois parâmetros de maior impacto no resultado são o custo de transporte e aplicação da vinhaça e a redução do volume da vinhaça atingido pelo condensador, uma vez que são as variáveis que têm impacto direto na principal fonte de ganho do Compress. A tabela abaixo mostra a sensibilidade em relação a estes dois parâmetros.

Tabela 57 - Compress - Sensibilidade do VPL em relação à redução do volume da vinhaça e seu custo médio de transporte e aplicação

	Redução do volume da vinhaça (%)								
	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	85,00	90,00
3,00	(2.160)	(2.013)	(1.877)	(1.753)	(1.641)	(1.533)	(1.394)	(1.046)	(534)
4,25	102	569	1.035	1.501	1.968	2.434	2.900	3.367	3.833
5,50	2.528	3.237	3.946	4.655	5.364	6.073	6.782	7.491	8.200
6,75	4.955	5.906	6.858	7.809	8.761	9.712	10.664	11.616	12.567
8,00	7.381	8.575	9.769	10.963	12.157	13.352	14.546	15.740	16.934
9,25	9.807	11.244	12.680	14.117	15.554	16.991	18.428	19.864	21.301
10,50	12.233	13.912	15.592	17.271	18.951	20.630	22.309	23.989	25.668
11,75	14.659	16.581	18.503	20.425	22.347	24.269	26.191	28.113	30.035
13,00	17.085	19.250	21.414	23.579	25.744	27.908	30.073	32.238	34.402

Fonte: elaboração própria

Percebe-se que os ganhos são maiores quanto maior é o custo médio de transporte da vinhaça e maior o percentual de volume reduzido.

As duas tabelas a seguir mostram a sensibilidade do VPL em relação aos dois principais insumos do Compress: vapor e energia.

Tabela 58 – Compress - Sensibilidade do VPL em relação ao custo e consumo de vapor

	Custo vapor de contrapressão (R\$/t)								
	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,18	11.100	10.471	9.842	9.213	8.584	7.956	7.327	6.698	6.069
0,22	10.820	10.052	9.283	8.515	7.746	6.977	6.209	5.440	4.672
0,26	10.541	9.633	8.724	7.816	6.908	5.999	5.091	4.183	3.274
0,30	10.261	9.213	8.165	7.117	6.069	5.021	3.973	2.925	1.877
0,34	9.982	8.794	7.606	6.418	5.231	4.043	2.855	1.667	479
0,38	9.702	8.375	7.047	5.720	4.392	3.065	1.737	409	(1.334)
0,42	9.423	7.956	6.488	5.021	3.554	2.086	619	(1.244)	(2.154)
0,46	9.143	7.536	5.929	4.322	2.715	1.108	(499)	(2.016)	(3.243)
0,50	8.864	7.117	5.370	3.624	1.877	130	(1.735)	(2.951)	(4.483)

Fonte: elaboração própria

Tabela 59 – Compress - Sensibilidade do VPL em relação ao custo e consumo de energia

	Valor da energia elétrica (R\$/MW)									
	50,00	66,25	82,50	98,75	115,00	131,25	147,50	163,75	180,00	
Consumo de energia por litro de água evaporada (W/l)	10,00	12.414	11.846	11.278	10.710	10.143	9.575	9.007	8.440	7.872
	13,75	11.758	10.978	10.197	9.417	8.636	7.855	7.075	6.294	5.514
	17,50	11.103	10.110	9.116	8.123	7.129	6.136	5.142	4.149	3.155
	21,25	10.448	9.242	8.036	6.829	5.623	4.416	3.210	2.004	797
	25,00	9.793	8.374	6.955	5.535	4.116	2.697	1.278	(142)	(1.706)
	28,75	9.138	7.506	5.874	4.242	2.610	977	(365)	(2.135)	(3.420)
	32,50	8.483	6.638	4.793	2.948	1.103	(995)	(2.346)	(3.870)	(5.568)
	36,25	7.828	5.770	3.712	1.654	(404)	(2.256)	(3.948)	(5.851)	(7.824)
	40,00	7.173	4.902	2.631	361	(1.896)	(3.648)	(5.732)	(7.909)	(10.123)

Fonte: elaboração própria

Todas as avaliações foram feitas considerando um sistema de taxas na curva de juros para desconto o dos fluxos. Para efeito de comparação, foi feita a sensibilidade do VPL em relação a uma taxa de desconto estática, variando de 5% a 12%, contra a variação da taxa de juros do financiamento de 3% a 13%. A tabela abaixo mostra que o VPL seria positivo em todos estes cenários.

Tabela 60 – Compress - Sensibilidade do VPL em relação ao custo do capital próprio e taxa de juros de financiamento do projeto

	Ke estático (%)									
	5,00	5,88	6,75	7,63	8,50	9,38	10,25	11,13	12,00	
Taxa juros financiamento (%)	3,00	9.947	9.947	9.947	9.947	9.947	9.947	9.947	9.947	9.947
	4,25	9.240	9.240	9.240	9.240	9.240	9.240	9.240	9.240	9.240
	5,50	8.540	8.540	8.540	8.540	8.540	8.540	8.540	8.540	8.540
	6,75	7.848	7.848	7.848	7.848	7.848	7.848	7.848	7.848	7.848
	8,00	7.163	7.163	7.163	7.163	7.163	7.163	7.163	7.163	7.163
	9,25	6.485	6.485	6.485	6.485	6.485	6.485	6.485	6.485	6.485
	10,50	5.815	5.815	5.815	5.815	5.815	5.815	5.815	5.815	5.815
	11,75	5.151	5.151	5.151	5.151	5.151	5.151	5.151	5.151	5.151
	13,00	4.426	4.426	4.426	4.426	4.426	4.426	4.426	4.426	4.426

Fonte: elaboração própria

4.1.5.3 Comentários gerais

As análises mostraram que a tecnologia é viável na maioria dos cenários, sendo que alguns parâmetros têm maior ou menor impacto no resultado. Isso indica que sua implementação e respectivos ganhos têm que ser analisados caso a caso, considerando a configuração da usina cliente.

Como ilustração, a tabela a seguir mostra o impacto nos resultados de cada parâmetro de forma isolada. O exercício realizado foi de captar a variação necessária de cada variável de forma a anular o VPL.

Tabela 61 – Compress – Variação dos principais parâmetros para anulação do VPL

Parâmetro	Unidade	Proponente	VPL = 0	Δ (%)
Custo médio de transporte e aplicação da vinhaça	R\$/m ³	6,00	3,15	-47,5
Redução do volume da vinhaça	%	90	28	-68,9

Valor da energia elétrica	KW	90,00	302,48	+236,1
Consumo de energia por litro de água evaporada	W/l	13,4	45,0	+236,1
Custo vapor de contrapressão	R\$/t	3,00	15,38	+412,7
Consumo de vapor por litro de água evaporada	Kg v/l	0,230	1,179	+412,7
Taxa de juros financiamento	% a.a.	3,0	19,8	+560,0

Fonte: elaboração própria

Esta tabela ilustra a significância das principais variáveis para o resultado final, dispostas em ordem decrescente. O consumo de energia e vapor, bem como a redução do volume da vinhaça alcançado pela tecnologia foram informados pelo Grupo Exal para a configuração apresentada e dependem de uma série de outras variáveis técnicas. Os demais itens, por sua vez, dependem muito da configuração de cada usina, da região em que se encontram e de fatores mercadológicos.

Como não foi possível demonstrar ou validar muitos destes parâmetros, os resultados foram analisados por meio da sua sensibilidade. Evidencia-se, portanto, a necessidade da realização de estudos de viabilidade caso a caso, com o objetivo de sustentar decisões de investimento e implantação da tecnologia.

Além disso, sugere-se que os contratos de transferência estejam vinculados à *performance* da tecnologia, pelo menos quanto às variáveis de maior sensibilidade e incerteza. Tal prática ajudaria a resguardar as usinas de parte do risco pelo investimento, substanciando a política comercial com foco em resultados e na revisão de parâmetros, se necessário.

4.2 Uso da Palha para Fins Energéticos

Na indústria sucroalcooleira perde-se muito por moer algo que não é cana. As impurezas que são trazidas junto com a matéria-prima causam diversos danos ao processo e equipamentos que, em última instância, têm impacto negativo na produtividade do açúcar e do álcool, e na margem de lucratividade da usina.

Os principais fatores que influenciam o volume de impurezas na cana recebida na usina são o sistema de despalha e colheita, a textura do solo, a idade do canavial, a duração da safra, e condições climáticas e cultivares.

Estas impurezas podem ser de origem vegetal ou mineral. As principais impurezas vegetais provêm da própria planta: folhas verdes ou secas, cartuchos, palmitos, ervas daninhas e raízes. Estes elementos estranhos têm pouco ou nenhum açúcar, mas causam o efeito denominado “arrasto”, conduzindo açúcares junto com o bagaço para caldeira. Alguns deles ainda possuem açúcares redutores que prejudicam ainda mais a produtividade.

Figura 5 - Cana de açúcar na usina

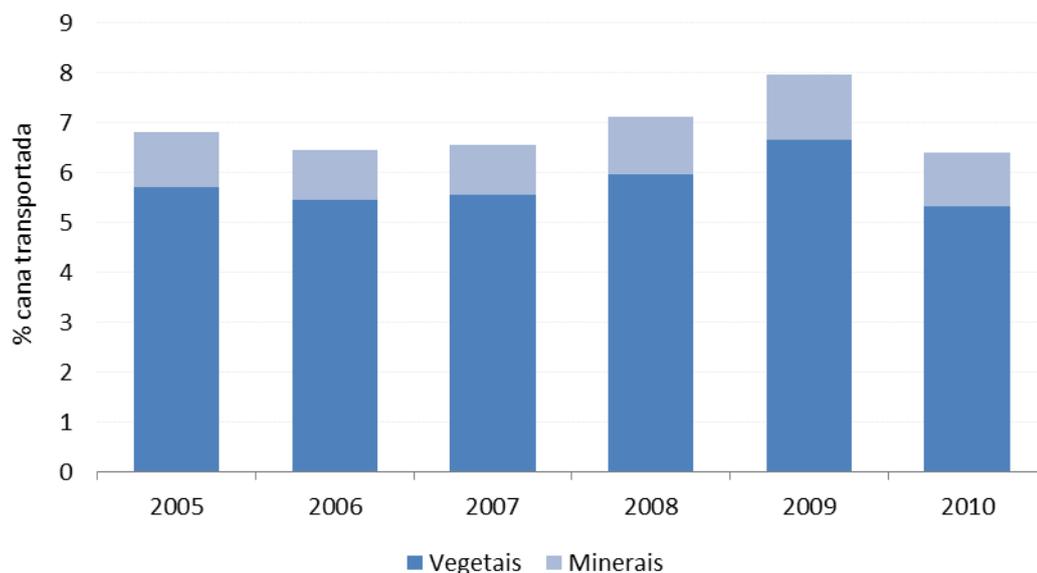


Fonte: CTC (Controle MUTUO)

As pedras do canavial, terra, e até mesmo pedaços de metal são trazidos junto com a cana e compõem as impurezas minerais. Sua presença eleva o custo de transporte e são o principal responsável pelo desgaste por abrasão dos equipamentos utilizados na alimentação, preparo e moagem da cana e no tratamento do caldo. Além disso, a terra carrega a contaminação de bactérias, prejudiciais à fermentação, e as leveduras selvagens, que levam ao aumento do gasto com insumos.

O gráfico abaixo mostra o histórico de impurezas na região Centro-Sul nas safras de 2005 a 2010.

Gráfico 11 - Histórico de impurezas no Centro-Sul



Fonte: CTC (Controle MUTUO)

Para mitigar estes efeitos, as usinas podem atuar na melhoria dos equipamentos e técnicas de colheita, promovendo a separação das impurezas no campo, ou instalar equipamentos diretos na planta

industrial. As vantagens e custos de cada alternativa são diferentes e vão depender da configuração de cada usina.

Tabela 62 - Impurezas - Valores médios 2008 a 2010 por tipo de colheita

Tipo de colheita	Mineral (%)	Vegetal (%)
Mecânica crua	1,2	6,2
Mecânica queimada	1,2	4,7
Manual queimada	1,4	5,4

Fonte: CTC (Controle MUTUO)

De toda forma, a oportunidade que estas tecnologias visam aproveitar é a utilização da palha junto com o bagaço para alimentação das caldeiras e aumento da produção de vapor e co-geração de energia, que serão aproveitados no processo produtivo. Existe ainda a possibilidade de venda da energia elétrica excedente, prática já adotada por algumas usinas, dado o potencial de geração já encontrado na queima do bagaço da cana.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o baixo grau de umidade apresentado na palha da cana (em torno de 15%) e a grande concentração de fibras celulósicas permitem estimar que seu poder calorífico (medido em kcal/kg) equivale a 1,7 vezes o apresentado pelo bagaço (que tem entre 270 e 280 quilos por tonelada de cana colhida e umidade perto de 50% na saída da moenda). Estes dados indicam que o uso de toda a palha, as folhas e os ponteiros da cana nas caldeiras aumentaria em 50% o volume de combustível disponível e em 80% a quantidade de energia que poderia ser gerada. Outra vantagem é que, diferente de uma termelétrica convencional, a energia proveniente da queima do bagaço é considerada limpa.

Em 2009, a Conab publicou um estudo detalhado sobre a capacidade de co-geração de energia do setor sucroalcooleiro, indicando a venda do excedente ainda como um novo negócio no Brasil. Na época, a potência instalada no setor era de 5.915 MW, podendo chegar em 13.346 MW se melhor aproveitada. Este potencial é comparável à potência da Hidrelétrica de Itaipu, de 14.000 MW, com a ressalva de que, para as instalações convencionais, o período é o ano-civil e, para as instalações nas usinas e destilarias, é o período da safra. Este estudo mostra que este tipo de exploração ainda é recente e carece de investimentos por parte do setor, principalmente das pequenas e médias usinas.

Apesar de todo potencial ainda não aproveitado e mesmo considerando a capacidade de exportação para o sistema de energia em períodos de estiagem e menor produção das hidrelétricas, uma série de fatores contribui para manutenção do status atual. Tal iniciativa significa assumir um novo negócio frente ao interesse tradicional do empresário, mesmo em caráter complementar. Portanto, seria necessário contratar especialistas na matéria e investir em conhecimento específico da área. Além disso, existe um risco econômico considerável associado, uma vez que este novo negócio tem regras específicas que diferem do padrão convencional do mercado aberto de energia e que demanda altos investimentos em adaptação da planta e redes de transmissão.

A seguir são apresentadas estas tecnologias, incluindo comentários sobre suas possibilidades e limitações.

4.2.1 SLC - Sistema de Separação e Limpeza da Cana

4.2.1.1 Descrição da tecnologia

O SLC proposto pela Dedini trata-se de um sistema de limpeza a seco da cana recebida na usina, deixando o colmo adequado para ser processado na linha de produção típica. A limpeza é feita nas mesas ou nas esteiras e, de acordo com o proponente, sua eficiência atinge valores de até 80%. Estes níveis de eficiência dependem das características da matéria-prima, tais como idade do canavial, variedade plantada, parâmetros de colheita e condições climáticas.

O SLC, dentro da cadeia produtiva de processamento da cana de açúcar, é instalado no recebimento da cana na usina, após o conjunto de basculamento das carretas que transportam a cana colhida mecanicamente, atuando como um sistema de homogeneização da cana a ser processada, através de limpeza a seco, e de proteção dos equipamentos da usina (extração e caldeiras) pela remoção das impurezas. Outro ponto da tecnologia é que, além de limpar a cana e separar o colmo para ser processado, ela condiciona e direciona a palha limpa para ser utilizada na caldeira.

Segundo a Dedini, em comparação com as tecnologias e processos concorrentes, o SLC tem um décimo do tamanho dos outros equipamentos, consome menos de um terço da energia e é mais eficiente. Os testes executados pela Dedini apontam eficiência mínima de 63% (para a pior condição da biomassa), enquanto os concorrentes possuem um desempenho mínimo de 40%. Outras vantagens são: menor requisito de manutenção pela eliminação dos picadores, sistema compacto requerendo uma menor área, projeto modular, e pode ser implantado em usinas em operação, sem a necessidade de grandes modificações.

4.2.1.2 Modelo comercial

O proponente informou que o canal de transferência da tecnologia é somente o cliente. Como o sistema opera na recepção da matéria-prima do campo, torna-se necessário a construção na entressafra, pois o equipamento de limpeza mecânica será anexado à esteira de alimentação do sistema de extração existente.

4.2.1.3 Ganhos incrementais potenciais

O SLC gera a oportunidade de três ganhos incrementais frente os processos atuais.

- **Aumento da produtividade pela diminuição do arrasto e dos açúcares redutores.**

O material indesejado que é processado junto com a cana absorve parte da sacarose existente no colmo. Este material é transformado em bagaço e queimado nas caldeiras, causando a redução da

produtividade de açúcar ou álcool. Assumindo que se consegue retirar entre 96% a 98% dos açúcares que entraram, restam 2% a 4% no bagaço que fica distribuído igualmente no bagaço dos colmos e no bagaço da palha. Se entrarem 10% de palha junto com a cana, logo, será perdido entre 0,2% a 0,4% de açúcares arrastados pelo bagaço da palha.

Além disso, as pontas contêm alto teor de bactérias que deterioram rapidamente o açúcar extraído e se desenvolvem nas superfícies dos equipamentos de extração, o que causa maiores perdas de açúcar. Estas perdas teriam de ser controladas por paradas para limpeza e/ou agentes químicos, o que onera os custos de produção ou perdas por paradas.

Logo, um sistema eficiente de limpeza da cana ajudaria no aumento dos açúcares disponíveis no caldo e consequente aumento da produtividade.

- **Redução do custo de manutenção dos equipamentos**

As folhas possuem alto teor de sílica, substância altamente abrasiva, que se unem às impurezas minerais e danificam os equipamentos, aumentando a não disponibilidade e prejudicando a capacidade de tração dos mesmos.

De acordo com o proponente, a maior eficiência de limpeza do sistema SLC em relação a outros sistemas a seco pode implicar em uma redução entre 30% a 50% da necessidade de manutenção. Dependendo do sistema existente na usina, estes ganhos podem chegar de R\$ 1,20 a R\$ 2,40 por tonelada de cana, incluindo redução de custos com picador de cana e manutenção simplificada do sistema SLC.

Os principais fatores analisados pelo proponente foram: consumo de eletrodo de solda para manter os rolos das moendas em condições operacionais; desgaste das facas e peças dos equipamentos de preparo da cana e moendas; e aumento da vida útil das partes da caldeira.

- **Geração de energia elétrica**

A palha da cana possui alto valor energético e pode ser utilizada como combustível nas caldeiras, gerando energia elétrica ou vapor adicional para abastecer os processos da usina, bem como ser vendida à rede, gerando receita.

É importante observar que a forma de aproveitamento e a quantidade de energia excedente permitida pela implantação do SLC vão variar para cada usina.

Em relação à forma de alimentação das mesas e limpeza da cana, existem tecnologias que separam as impurezas da cana, mas não impurezas vegetais de minerais, inutilizando-as para a geração de energia elétrica. Outro cenário seria a comparação da SLC com alguma tecnologia que já separa as impurezas vegetais de minerais. Nesse caso, o ganho dependerá da diferença da eficiência das duas tecnologias.

O modelo desenvolvido utiliza um terceiro cenário; compara o desempenho da SLC contra a limpeza da cana no campo, pelas próprias colheitadeiras. Nesse caso, a cana integral seria transportada à usina e toda palha extraída seria fonte de geração excedente de energia elétrica. Tal opção gera um custo incremental do transporte da palha até a usina e uma redução do custo de combustível para despalha no canavial. Essa redução do custo de combustível também não foi considerada no modelo.

Ressalta-se que a extração da cana integral poderia trazer prejuízos agrônômicos ao campo, uma vez que a palha mantida sobre o solo auxilia na redução da erosão, no reciclo de nutrientes e na manutenção de um nível mínimo de umidade no solo. Os tratamentos adicionais para correção do problema ou prejuízos pela ausência deles também não foram considerados.

4.2.1.4 Avaliação econômica

4.2.1.4.1 **Construção do modelo**

O modelo de avaliação foi construído de forma a captar a os ganhos e/ou perdas em relação a um cenário padrão dado por uma usina com as seguintes características:

- mix de produção voltado todo para o etanol com produtividade de 78,79 litros por toneladas de cana processada;
- a limpeza da palha é feita apenas no campo, eliminando parte das impurezas vegetais. Este processo não tem nenhum impacto na redução das impurezas minerais;
- já realiza venda de energia elétrica excedente proveniente da queima do bagaço, ou seja, o aumento da geração pela queima da palha não implicará em investimentos adicionais; e
- operação de 210 dias por ano e 24 horas.

A modelagem considera a cana como um recurso limitado, ou seja, a quantidade de cana a ser moída é fixa para cada safra. Dessa forma, o único aumento de produtividade que seria considerado é devido à redução do arrasto. O ganho de eficiência das máquinas pela redução das impurezas gera impacto apenas na redução dos custos de operação. Entretanto, este ganho não foi computado por não ter sido possível estimá-lo, principalmente contra um cenário padrão onde já há a separação da palha. A Dedini estima que estes ganhos são em torno de R\$ 2,92 por tonelada de cana limpa.

É importante ressaltar que este estudo não pretende generalizar nem esgotar a discussão sobre a viabilidade da tecnologia, mas analisar os principais componentes para um estudo individual de sua aplicação nas usinas. Nesse sentido, torna-se imprescindível que a escolha ou decisão pela implantação da tecnologia seja embasada num estudo de viabilidade individual.

4.2.1.4.2 Premissas econômicas

4.2.1.4.2.1 Capex

O SLC é fabricado de acordo com a capacidade de processamento da usina, medido em tonelada de cana por hora. O Quadro abaixo apresenta os cinco modelos possíveis.

Tabela 63 – SLC – Relação de modelos

Modelo	Capacidade (tcp)	Usina (milhões t/safra)	Valor total estimado (R\$ milhões)
SLC2000	Até 150	0,7	3,83
SLC3000	250 a 300	1,5	Não informado
SLC4000	300 a 420	2,0	Não informado
SLC4500	500 a 770	3,5	5,47
SLC5000	820 a 1300	6,0	7,65

Fonte: Dedini

O Capex foi detalhado apenas para o modelo SLC2000 conforme quadro abaixo.

Tabela 64 – SLC - Detalhamento do Capex

Itens	Valores (R\$)	Marca	Vida útil
Transportador de correias	2.000.000	Dedini	5 anos
Caixa de separação	324.000	Dedini	15 anos
Painel	680.000	DAP	15 anos
Ventilador	98.000	Jacaré	10 anos
Peneira	600.000	Dedini	10 anos
Obras civis	50.000	n/a	n/a
Implantação do projeto	74.040	n/a	n/a

Fonte: Dedini

A instalação dos equipamentos pode ser feita na entre safra, gerando resultado imediato no primeiro ano.

A respeito da vida útil dos equipamentos, o proponente informou que poderá ser considerada de 20 anos, caso seja efetuada a manutenção preventiva e corretiva adequada. No modelo de avaliação foi considerado esta manutenção, como será detalhado abaixo.

Os valores relacionados como implantação são estimados para um projeto em usina existente. Referem-se aos custos de remoções e alterações de equipamentos a serem desativados. A Dedini citou como um valor médio um percentual entre 1% a 3% do investimento em equipamentos.

Apesar de afirmar que a possibilidade de substituição de equipamentos tal como o picador de palha pelo dosador, e a mesa pelo esteirão, não foram considerados valores de desinvestimento.

4.2.1.4.2.2 Custos

Os únicos custos diretos relacionados com a tecnologia são os custos de manutenção e reparos para manter a vida útil da planta em 20 anos com a mesma capacidade, representando um gasto médio aproximado entre 6% a 9% do investimento inicial, ou R\$ 0,50 por tonelada de cana processada.

Como o modelo foi construído com base na comparação com o processo de despalha no canavial, o custo adicional de transporte foi incluído, sendo ele proporcional ao aumento da carga.

Por outro lado, alguns custos não foram considerados:

- Consumo de energia: o sistema consome cerca de 2,12 MWh de energia que não foram computados como custo, dado o potencial de aumento da geração de energia pela queima da palha que se aproxima de 3 (três) vezes este consumo. Este consumo foi deduzido diretamente do potencial de geração de energia excedente;
- Despesas variáveis sobre venda de energia elétrica: a receita com a venda de energia é considerado líquida apenas dos tributos incidentes não tendo sido computados possíveis despesas variáveis, tais como tarifas de transmissão e distribuição;
- Custos com pessoal para operação das máquinas: trata-se de um sistema automatizado, que utiliza a mesma mão de obra existente na usina, a mesma que já atende a todo sistema de recepção e preparo da cana.
- Mão de obra de manutenção: o SLC utiliza a mesma mão de obra que efetua manutenção das moendas. Sendo que no total haverá redução da mão de obra total da usina, pelos ganhos na caldeira e moendas.

4.2.1.4.2.3 Despesas

Como o sistema utiliza mão de obra já existente em outras atividades e não há comercialização de produtos adicionais, o custo indireto de pessoal e despesas de comercialização podem ser considerados nulos.

Usualmente nas usinas os custos administrativos são rateados em função da matéria prima, para o sistema de extração de caldo e geração de energia, e para a tonelada ou saca de açúcar nas áreas específicas de produção de açúcar e por metro cúbico de etanol na destilaria e fermentação. Como a SLC está locada na entrada de cana da usina, os custos foram indicados em função da tonelada de cana processada e o processo não recebeu rateio de custos administrativos.

4.2.1.4.2.4 Parâmetros do modelo

As duas tabelas abaixo relacionam os parâmetros de mercado e da usina padrão utilizados na modelagem.

Tabela 65 - Dedini SLC - Parâmetros de mercado

1. Dados de mercado	Valor	Unidade	Fonte
Preço do litro de etanol	1,20	R\$/l	CEPEA - ESALQ
Valor de compra/venda energia elétrica	90,00	R\$/MW	Ceres
Valor do frete de cana pago a terceiros	5,10	R\$/t	Grupo IDEA

Fonte: elaboração própria

Tabela 66 – Dedini SLC - Parâmetros do Cenário Padrão

2. Produção da usina	Valor	Unidade	Fonte
2.1. Premissas			
Processamento da cana	150	tcp/hora	Ceres
Dias de operação	210	dias/ano	STAB
Produção etanol média	78,79	l/tcp	CONAB
2.2. Impurezas			
Percentual de palha da cana integral	15,81	%	CTC
Impurezas totais transportadas	7,4	% cana transp.	CTC
Impurezas vegetais	83,8	% total	CTC
Impurezas vegetais - percentual da cana transportada	6,2	% cana transp.	n/a
Impurezas minerais	16,2	% total	CTC
Impurezas minerais - percentual da cana transportada	1,2	% cana transp.	n/a
Eficiência limpeza vegetal no campo (cana integral)	60,3	%	n/a
2.3. Produção safra			
Cana transportada e processada	756.000	t	n/a
Impurezas vegetais	46.870	t	n/a
Impurezas minerais	9.074	t	n/a
Palha total disponível (cana integral)	118.089	t	n/a
Impurezas vegetais separadas	71.219	t	n/a
Produção de etanol	59.565	m3	n/a

Fonte: elaboração própria

A eficiência do processo de limpeza vegetal no campo é calculada baseada no percentual de palha na cana integral e nas impurezas vegetais transportadas para usina. Estes parâmetros são baseados nos valores médios das safras de 2008 a 2010, apurados pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC).

A tabela abaixo apresenta os parâmetros para avaliação do Cenário Base, com implantação do Sistema de Limpeza da Cana.

Tabela 67 - Dedini SLC – Parâmetros do Cenário Base

3. Processo de limpeza da cana	Valor	Unidade	Fonte
3.1. Dados da tecnologia			
Eficiência da máquina (cana integral)	63,0	%	Dedini
Eficiência incremental (limpeza vegetal)	2,69	%	n/a

Eficiência incremental (limpeza mineral)	63,00	%	n/a
Geração de energia por tonelada de palha limpa (deduzindo consumo)	339	KW	Dedini
Ganhos pela melhoria do processo e redução do custo de manutenção (por tcl) a 100% de eficiência	0,90	R\$/tcl	Dedini
Ganho efetivo considerando eficiência	0,51	R\$/tcl	n/a
Custo de manutenção por tcp	0,50	R\$/tcp	Dedini
Depreciação das máquinas	20	anos	Dedini
3.2. Resultados por safra			
Cana transportada e processada	827.219	t	n/a
Impurezas vegetais	118.089	t	n/a
Impurezas minerais	9.074	t	n/a
Δ Carga transportada	71.219	t	n/a
Impurezas separadas	80.113	t	n/a
Impurezas vegetais separadas	74.396	t	n/a
Impurezas minerais separadas	5.717	t	n/a
Cana limpa para extração do caldo	747.106	t	n/a
Impurezas vegetais	43.693	t	n/a
Impurezas minerais	3.357	t	n/a
Produção de etanol	59.565	m3	n/a
Ganho aumento produtividade	0	m3	n/a
Ganho aumento produtividade	0,00	R\$/tcl	n/a
Produção excedente de energia	25.250	MW	n/a

Fonte: elaboração própria

A eficiência de limpeza da cana integral do SLC considerado no Cenário Base é de 63% (sessenta e três por cento). De acordo com o proponente este valor vai variar entre 63% e 80%. Optou-se, assim, pela estimativa mínima entre estes valores.

O cálculo de eficiência incremental é feito em relação ao processo de limpeza no canavial, ou seja, neste cenário, o SLC consegue retirar 2,69% a mais da palha da cana integral. Como a limpeza no campo não elimina a impureza mineral, a SLC consegue uma eficiência incremental de 63%.

Segundo a Dedini, o SLC consome em média 2,12 MWh, e proporciona uma capacidade de geração e 339 KW por tonelada de palha limpa, que multiplicado pelas impurezas vegetais separadas no processo resulta na produção excedente de energia.

Em relação ao ganho pela redução dos custos de manutenção, a Dedini estima R\$ 1,80 por tonelada de cana limpa. Com o intuito de ser conservador, foi considerado metade deste ganho a 100% de eficiência.

Dados estes valores, o item 3.2 da tabela mostra os principais resultados, que vão servir de referência para o cálculo dos ganhos totais por safra.

Observa-se que neste cenário, são transportadas 71.219 toneladas a mais de material para usina, referente à palha que anteriormente era deixada no campo. O novo processo separa 80.113 toneladas de impurezas e gera um excedente de 25.250 MW de energia.

A tabela abaixo mostra a carga tributária considerada.

Tabela 68 - Dedini SLC - Carga tributária

4. Carga tributária	Valor	Unidade
COFINS	7,60	%
PIS	1,65	%
ICMS (energia)	18,00	%
IRPJ	25,00	%
CSLL	9,00	%

Fonte: elaboração própria

A linha de financiamento considerada foi o Finame Agrícola do BNDES, que permite financiar o máximo de 70% do valor das máquinas e equipamentos, por um prazo máximo de 90 meses e carência mínima de 3 (três) meses.

Tabela 69 - Dedini SLC - Financiamento

5. Financiamento	Valor	Unidade	Fonte
Percentual CAPEX financiado	70	% CAPEX	BNDES
Taxa de referência	TJLP	-	BNDES
Spread	2,9	% a.a.	BNDES
Modalidade	SAC	n/a	BNDES
Carência	3	meses	BNDES
Período de amortização	87	meses	BNDES

Fonte: elaboração própria

4.2.1.4.3 Cálculo dos resultados

Conforme descrito acima, duas fontes de ganhos foram consideradas no modelo, calculadas da seguinte forma:

- A receita referente ao ganho com venda da energia elétrica é o produto da produção excedente em Megawatts pelo valor de venda do mercado.
- A redução do custo de manutenção da usina é dado pelo ganho efetivo considerando a eficiência da máquina vezes a quantidade de cana limpa disponível para moenda. O modelo supõe uma relação linear entre a redução do custo de manutenção e a eficiência da máquina

O aumento do custo de transporte da cana motivado pelo transporte da palha separada no cenário padrão é dado pela quantidade a mais transportada vezes o custo de transporte da cana.

Todas as projeções foram feitas em valores reais na data do investimento inicial. Os fluxos de depreciação e financiamento foram deflacionados, tornando-os reais.

O regime tributário utilizado foi o de Lucro Real.

4.2.1.4.4 Análise dos cenários

Foram avaliados três cenários, cujos resultados são apresentados a seguir.

4.2.1.4.4.1 Cenário Base

O Cenário Base busca ser conservador e utiliza como referência, sempre que possível, valores médios divulgados por entidades governamentais ou centros de pesquisa. Portanto, os resultados apresentados nas tabelas abaixo consideram os valores dispostos e comentados na seção Principais Parâmetros.

Tabela 70 - Dedini SLC - Fluxo caixa Cenário Base

DCF	2013	2014	2015	2016	2023
Receita Bruta	2.272.461	2.272.461	2.272.461	2.272.461	2.272.461
(-) Cofins	(172.707)	(172.707)	(172.707)	(172.707)	(172.707)
(-) Pis	(37.496)	(37.496)	(37.496)	(37.496)	(37.496)
(-) ICMS	(409.043)	(409.043)	(409.043)	(409.043)	(409.043)
ROL	1.653.216	1.653.216	1.653.216	1.653.216	1.653.216
(-) CMV	19.840	19.840	19.840	19.840	19.840
= Lucro Bruto	1.673.056	1.673.056	1.673.056	1.673.056	1.673.056
(-) Despesas Operacionais	(378.000)	(378.000)	(378.000)	(378.000)	(378.000)
(-) Despesas Comerciais	-	-	-	-	-
(-) Despesas Administrativas	-	-	-	-	-
= EBITDA	1.295.056	1.295.056	1.295.056	1.295.056	1.295.056
(-) Depreciação	(186.384)	(176.553)	(168.131)	(160.674)	(120.684)
(-) Despesas Financeiras	(175.680)	(157.800)	(124.961)	(95.241)	0
= EBIT	932.991	960.703	1.001.963	1.039.141	1.174.371
(-) IR	(233.248)	(233.248)	(233.248)	(233.248)	(233.248)
(-) CSLL	(83.969)	(83.969)	(83.969)	(83.969)	(83.969)
= LL	615.774	643.486	684.746	721.923	857.154
(+) Depreciação	186.384	176.553	168.131	160.674	120.684
Valor Residual	-	-	-	-	-
NCG	-	-	-	-	-
(-) Investimentos	(3.826.040)	-	-	-	-
(+) RecebimentodeRecursos	2.678.228	-	-	-	-
(-) Amortizações	(268.784)	(342.171)	(324.671)	(308.627)	-
= FCFE	(614.437)	477.868	528.207	573.971	977.839
= Saldo de Caixa	(614.437)	(136.569)	391.638	965.609	6.704.611
<i>Período a descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,62%</i>	<i>7,39%</i>	<i>7,44%</i>	<i>7,23%</i>	<i>7,04%</i>
<i>Fator de desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,84</i>	<i>0,78</i>	<i>0,49</i>
Valor Presente (FC)	(595.059)	429.386	441.409	449.495	478.565
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(595.059)	(165.673)	275.736	725.231	4.126.239

Fonte: elaboração própria

Tabela 71 - Dedini SLC - Indicadores Cenário Base

Indicadores	Valores
TIR (% a.a.)	86,68
MTIR (% a.a.)	31,71
Payback	2 Anos e 3 Meses

VPL (R\$) 4.126.239

Fonte: elaboração própria

4.2.1.4.4.2 Cenário do Proponente

O cenário proposto pela Dedini considera as estimativas de ganhos e custos conforme valores informados no questionário de avaliação. A tabela abaixo apresenta as principais diferenças entre o cenário base e o cenário do proponente.

Tabela 72 - Dedini SLC - Diferenças entre Cenário Base e Cenário do Proponente

Parâmetro	Unidade	Base	Proponente
Valor de compra/venda energia elétrica	R\$/MW	90,00	102,50
Dias de operação	dias/ano	210	180
Eficiência da máquina (cana integral)	%	63	80
Impurezas totais transportadas	% cana transp.	7,40	11,60
Aumento da produtividade do processo a 100% de eficiência	%	0	2,92
Ganhos pela melhoria do processo e redução do custo de manutenção (por tcl) a 100% de eficiência	%	0,90	1,80

Fonte: elaboração própria

Tabela 73 - Dedini SLC - Fluxo caixa Cenário Proponente

DCF	2013	2014	2015	2016	2023
Receita Bruta	3.560.530	3.560.530	3.560.530	3.560.530	3.560.530
(-) Cofins	(270.600)	(270.600)	(270.600)	(270.600)	(270.600)
(-) Pis	(58.749)	(58.749)	(58.749)	(58.749)	(58.749)
(-) ICMS	(503.556)	(503.556)	(503.556)	(503.556)	(503.556)
ROL	2.727.624	2.727.624	2.727.624	2.727.624	2.727.624
(-) CMV	625.830	625.830	625.830	625.830	625.830
= Lucro Bruto	3.353.454	3.353.454	3.353.454	3.353.454	3.353.454
(-) Despesas Operacionais	(324.000)	(324.000)	(324.000)	(324.000)	(324.000)
(-) Despesas Comerciais	-	-	-	-	-
(-) Despesas Administrativas	-	-	-	-	-
= EBITDA	3.029.454	3.029.454	3.029.454	3.029.454	3.029.454
(-) Depreciação	(186.384)	(176.553)	(168.131)	(160.674)	(120.684)
(-) Despesas Financeiras	(175.680)	(157.800)	(124.961)	(95.241)	0
= EBIT	2.667.390	2.695.102	2.736.362	2.773.539	2.908.770
(-) IR	(666.848)	(666.848)	(666.848)	(666.848)	(666.848)
(-) CSLL	(240.065)	(240.065)	(240.065)	(240.065)	(240.065)
= LL	1.760.477	1.788.190	1.829.450	1.866.627	2.001.858
(+) Depreciação	186.384	176.553	168.131	160.674	120.684
Valor Residual	-	-	-	-	-
NCG	-	-	-	-	-
(-) Investimentos	(3.826.040)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	2.678.228	-	-	-	-
(-) Amortizações	(268.784)	(342.171)	(324.671)	(308.627)	-
= FCFE	530.266	1.622.572	1.672.910	1.718.674	2.122.542
= Saldo de Caixa	530.266	2.152.838	3.825.748	5.544.421	19.296.346
<i>Período a descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,54%</i>	<i>7,31%</i>	<i>7,37%</i>	<i>7,16%</i>	<i>6,96%</i>
<i>Fator de desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,84</i>	<i>0,79</i>	<i>0,49</i>

Valor Presente (FC)	513.730	1.459.550	1.400.563	1.349.392	1.046.781
Valor Presente (Saldo de Caixa)	513.730	1.973.280	3.373.843	4.723.235	13.036.142

Fonte: elaboração própria

Neste cenário, o payback é imediato, no primeiro ano, e o VPL é de R\$ 13.036.142,00.

A diferença em relação ao Cenário Base é explicada pela melhoria de quase todos os parâmetros que geram impacto direto nos resultados e pela consideração do ganho pelo aumento da produtividade da planta.

Apenas o número de dias em operação por ano considerado pelo proponente tem impacto negativo no resultado, mas não existe restrição da máquina em relação a este parâmetro desde que as manutenções sejam feitas corretamente.

4.2.1.4.4.3 Cenário de Equilíbrio

O Cenário de Equilíbrio considera os parâmetros ajustados de forma a tornar o VPL nulo. A tabela abaixo apresenta as principais diferenças entre o Cenário Base e o Cenário de Equilíbrio.

Tabela 74 - Dedini SLC - Diferenças entre Cenário Base e Cenário de Equilíbrio

Parâmetro	Unidade	Base	Equilíbrio	Variação
Valor de compra/venda energia elétrica	R\$/MW	90,00	72,00	-20%
Valor do frete de cana pago a terceiros	R\$/t	5,10	6,12	+20%
Impurezas totais transportadas	% cana transp.	7,40	5,90	-20%
Geração de energia por tonelada de palha limpa (deduzindo consumo)	KW	339	272	-20%
Ganhos pela melhoria do processo e redução do custo de manutenção (por tcl) a 100% de eficiência	%	0,90	0,73	-19%

Fonte: elaboração própria

Este cenário gerou os resultados apresentados nas duas tabelas abaixo.

Tabela 75 - Dedini SLC - Fluxo caixa Cenário de Equilíbrio

DCF	2013	2014	2015	2016	2023
Receita Bruta	1.457.909	1.457.909	1.457.909	1.457.909	1.457.909
(-) Cofins	(110.801)	(110.801)	(110.801)	(110.801)	(110.801)
(-) Pis	(24.055)	(24.055)	(24.055)	(24.055)	(24.055)
(-) ICMS	(262.424)	(262.424)	(262.424)	(262.424)	(262.424)
ROL	1.060.629	1.060.629	1.060.629	1.060.629	1.060.629
(-) CMV	(183.433)	(183.433)	(183.433)	(183.433)	(183.433)
= Lucro Bruto	877.195	877.195	877.195	877.195	877.195
(-) Despesas Operacionais	(378.000)	(378.000)	(378.000)	(378.000)	(378.000)
(-) Despesas Comerciais	-	-	-	-	-
(-) Despesas Administrativas	-	-	-	-	-
= EBITDA	499.195	499.195	499.195	499.195	499.195
(-) Depreciação	(186.384)	(176.553)	(168.131)	(160.674)	(120.684)
(-) Despesas Financeiras	(175.680)	(157.800)	(124.961)	(95.241)	0
= EBIT	137.131	164.843	206.103	243.280	378.511

(-) IR	(34.283)	(34.283)	(34.283)	(34.283)	(34.283)
(-) CSLL	(12.342)	(12.342)	(12.342)	(12.342)	(12.342)
= LL	90.507	118.219	159.479	196.656	331.887
(+) Depreciação	186.384	176.553	168.131	160.674	120.684
Valor Residual	-	-	-	-	-
NCG	-	-	-	-	-
(-) Investimentos	(3.826.040)	-	-	-	-
(+) RecebimentodeRecursos	2.678.228	-	-	-	-
(-) Amortizações	(268.784)	(342.171)	(324.671)	(308.627)	-
= FCFE	(1.139.705)	(47.399)	2.939	48.703	452.571
= Saldo de Caixa	(1.139.705)	(1.187.104)	(1.184.165)	(1.135.462)	926.666
<i>Período a descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>7,36%</i>	<i>8,14%</i>	<i>8,19%</i>	<i>7,98%</i>	<i>7,79%</i>
<i>Fator de desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,89</i>	<i>0,82</i>	<i>0,76</i>	<i>0,46</i>
Valor Presente (FC)	(1.099.926)	(42.148)	2.414	37.224	205.923
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(1.099.926)	(1.142.075)	(1.139.661)	(1.102.436)	0

Fonte: elaboração própria

Tabela 76 - Dedini SLC - Indicadores Cenário de Equilíbrio

Indicadores	Valores
TIR (% a.a.)	7,79
MTIR (% a.a.)	7,61
Payback	8 Anos e 11 Meses
VPL (R\$)	0

Fonte: elaboração própria

4.2.1.4.5 Análise de sensibilidade dos parâmetros de maior impacto

Esta seção mostra a sensibilidade do resultado da implantação da tecnologia, representado pelo VPL, diante da variação dos principais parâmetros de avaliação.

A tabela abaixo mostra que a tecnologia permite um ganho de escala. Quando maior o tamanho da usina, dado pelo volume de cana processado, maior o VPL, considerando os outros parâmetros constantes.

Tabela 77 - Dedini SLC - Sensibilidade do VPL ao processamento de cana

Processamento cana tcp/hora	VPL (R\$ milhões)
150	4.126,24
294	9.420,62
438	15.795,63
581	22.169,31
725	28.542,52
869	33.475,52
1.013	39.848,70
1.156	46.221,72
1.300	52.594,64

Fonte: elaboração própria.

Em relação aos dois parâmetros estimados pela Dedini, sem a possibilidade de demonstração, a tabela abaixo mostra que a tecnologia é viável em todos os cenários, ficando clara a importância da venda do excedente de energia para o modelo.

Tabela 78 - Dedini SLC - Sensibilidade do VPL em relação ao ganho de produtividade e redução de custos de manutenção

	Aumento da produtividade do processo a 100% de eficiência (R\$)									
	0,00	0,38	0,75	1,13	1,50	1,88	2,25	2,63	3,00	
Ganhos pela melhoria do processo e redução do custo de manutenção (por tcl) a 100% de eficiência (R\$)	0,00	2.155	2.188	2.222	2.256	2.290	2.323	2.357	2.391	2.424
	0,25	2.703	2.737	2.770	2.804	2.838	2.871	2.905	2.939	2.972
	0,50	3.251	3.284	3.318	3.352	3.385	3.419	3.453	3.486	3.520
	0,75	3.798	3.832	3.865	3.899	3.933	3.966	4.000	4.034	4.067
	1,00	4.345	4.379	4.412	4.446	4.480	4.513	4.547	4.581	4.614
	1,25	4.892	4.926	4.959	4.993	5.027	5.060	5.094	5.128	5.161
	1,50	5.439	5.473	5.506	5.540	5.573	5.607	5.641	5.674	5.708
	1,75	5.986	6.019	6.053	6.087	6.120	6.154	6.187	6.221	6.255
	2,00	6.532	6.566	6.600	6.633	6.667	6.701	6.734	6.768	6.801

Fonte: elaboração própria

Contudo, o Cenário Base não considerou o ganho pelo aumento da produtividade, portanto a tabela abaixo apresenta a sensibilidade em relação às duas principais fontes de ganho incluídas. Observa-se que os resultados são prejudicados se a redução o custo de manutenção a 100% de eficiência cair abaixo de R\$ 1,00 (um real) combinados com a geração excedente de energia abaixo de 240 KW/tcl.

Tabela 79 - Dedini SLC - Sensibilidade do VPL em relação a redução de custos de manutenção e geração de energia excedente por tcl

	Geração de energia por tonelada de palha limpa (deduzindo consumo) (KW)									
	150,00	193,75	237,50	281,25	325,00	368,75	412,50	456,25	500,00	
Ganhos pela melhoria do processo e redução do custo de manutenção (por tcl) a 100% de eficiência (R\$)	0,00	(2.554)	(1.439)	(506)	688	1.793	2.891	3.988	5.083	6.178
	0,25	(2.002)	(821)	124	1.241	2.342	3.439	4.535	5.630	6.725
	0,50	(1.440)	(508)	687	1.791	2.890	3.986	5.082	6.177	7.272
	0,75	(823)	123	1.240	2.340	3.437	4.533	5.629	6.724	7.818
	1,00	(511)	685	1.790	2.888	3.985	5.080	6.175	7.270	8.365
	1,25	121	1.238	2.339	3.436	4.532	5.627	6.722	7.817	8.911
	1,50	684	1.788	2.887	3.983	5.079	6.174	7.269	8.363	9.458
	1,75	1.237	2.337	3.434	4.530	5.625	6.720	7.815	8.910	10.005
	2,00	1.787	2.885	3.981	5.077	6.172	7.267	8.362	9.456	10.551

Fonte: elaboração própria

O valor de venda da energia excedente, por sua vez, tem menor impacto do que a capacidade de geração, visto que os resultados foram favoráveis na maioria dos cenários, como mostrado na tabela abaixo.

Tabela 80 - Sensibilidade do VPL em relação a redução de custos de manutenção e valor de venda da energia elétrica

	Valor de compra/venda energia elétrica (R\$)									
	60,00	75,00	90,00	105,00	120,00	135,00	150,00	165,00	180,00	
Ganhos pela melhoria do processo e	0,00	409	728	2.155	3.573	4.990	6.406	7.821	9.237	10.652
	0,25	(178)	1.281	2.703	4.120	5.537	6.953	8.368	9.783	11.198

redução do custo de manutenção (por tcl) a 100% de eficiência (R\$)	0,50	399	1.831	3.251	4.668	6.084	7.499	8.915	10.330	11.745
	0,75	956	2.380	3.798	5.214	6.630	8.046	9.461	10.876	12.291
	1,00	1.507	2.928	4.345	5.761	7.177	8.592	10.008	11.423	12.838
	1,25	2.056	3.475	4.892	6.308	7.724	9.139	10.554	11.969	13.384
	1,50	2.605	4.023	5.439	6.855	8.270	9.685	11.101	12.516	13.931
	1,75	3.153	4.570	5.986	7.401	8.817	10.232	11.647	13.062	14.477
	2,00	3.700	5.117	6.532	7.948	9.363	10.778	12.194	13.609	15.024

Fonte: elaboração própria

Em comparação com os outros parâmetros, o modelo mostrou baixa sensibilidade do VPL em relação à eficiência de limpeza do SLC e o nível de impurezas transportado na usina padrão, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 81 - Sensibilidade do VPL em relação a redução de custos de manutenção e valor de venda da energia elétrica

	Impurezas totais transportadas (% cana transp.)									
	3,00	4,13	5,25	6,38	7,50	8,63	9,75	10,88	12,00	
63,00	3.432	3.610	3.788	3.965	4.142	4.318	4.494	4.670	4.845	
65,13	3.791	3.967	4.143	4.319	4.495	4.670	4.844	5.018	5.192	
67,25	4.149	4.324	4.499	4.673	4.847	5.020	5.193	5.366	5.538	
69,38	4.506	4.680	4.853	5.026	5.198	5.370	5.542	5.713	5.884	
71,50	4.863	5.035	5.207	5.378	5.549	5.719	5.890	6.059	6.229	
73,63	5.220	5.390	5.560	5.730	5.899	6.068	6.237	6.405	6.573	
75,75	5.575	5.744	5.913	6.081	6.249	6.417	6.584	6.750	6.917	
77,88	5.931	6.098	6.265	6.432	6.598	6.764	6.930	7.095	7.260	
80,00	6.285	6.451	6.617	6.782	6.947	7.111	7.275	7.439	7.602	

Fonte: elaboração própria

Todas as avaliações foram feitas considerando um sistema de taxas dinâmico para desconto dos fluxos. Para efeito de comparação, foi feita a sensibilidade do VPL em relação a uma taxa de desconto estática, variando de 4% a 12%. A tabela abaixo apresenta estes resultados.

Tabela 82 - Sensibilidade do VPL em relação ao Ke

Ke (%)	VPL (R\$ milhões)
4	5.058
5	4.726
6	4.421
7	4.140
8	3.881
9	3.641
10	3.419
11	3.213
12	3.023

Fonte: elaboração própria

4.2.1.5 Comentários gerais

As análises mostraram que a tecnologia é viável na maioria dos cenários, sendo que alguns parâmetros têm maior ou menor impacto no resultado. Isso indica que sua implementação e respectivos ganhos têm que ser analisados caso a caso, considerando a configuração da usina cliente.

Além disso, muitas destas variáveis são inerentes à tecnologia e foram utilizadas estimativas apresentadas pelo próprio proponente. Como não foi possível demonstrar ou validar algumas delas, os resultados foram analisados por meio da sua sensibilidade. Portanto, sabendo da relevância destes parâmetros para conclusões sobre a viabilidade das tecnologias, sugere-se que os contratos de transferência estejam vinculados à performance da mesma. Tal prática ajudaria a resguardar as usinas de parte do risco pelo investimento, substanciando a política comercial com foco em resultados e na revisão de parâmetros, se necessário.

4.2.2 **Sistema FBT**

4.2.2.1 Introdução

A empresa Vibra do Brasil Representações e Comercio Ltda. propõe um sistema de secagem do bagaço e mistura com a palha para a produção de energia elétrica. A biomassa utilizada em praticamente todas as usinas produtoras de açúcar e etanol é constituída pelo bagaço da cana de açúcar. Esta biomassa é o combustível principal para a geração do vapor utilizado no processo e para gerar energia elétrica. O bagaço é o subproduto resultante do esmagamento da cana para a extração do caldo. A palha é adicionada ao bagaço como forma de aumentar o potencial de geração de vapor e energia elétrica na usina. O processo tecnológico proposto atua na retirada de uma porção da umidade contida nestes resíduos que, assim, poderão alcançar maior eficiência, gerando mais vapor e mais energia elétrica.

4.2.2.1.1 **Secagem do Bagaço**

O sistema do secador de bagaço FBT funciona por meio do aproveitamento de parte do calor gerado no processo de combustão na caldeira. Isto faz com que o sistema seja econômico e eficiente em termos de utilização de energia, uma vez que aproveita a energia térmica que, normalmente, seria enviada para a chaminé e perdida na atmosfera.

Basicamente, os gases quentes gerados na combustão são levados até o fundo do secador que possui uma chapa com perfuração especificamente calculada e dimensionada para permitir a passagem do gás quente. Cria-se, assim, uma espécie de turbulência que gera o efeito de fluidização. Este ar atravessará a camada de material que esta sendo transportada a uma determinada velocidade e a energia térmica contida neste remove o excesso de umidade do bagaço.

O transporte do bagaço acontece mediante um sistema vibratório linear, imprimido em todo o equipamento, isto origina uma vibração senoidal que impulsiona o material para frente. A velocidade de

transporte será ajustada automaticamente pelo sistema em função dos sinais da medição de umidade. Segundo o proponente, o motor de acionamento de um secador com capacidade para, por exemplo, 35 t/h, possui uma potência de 7,5 kW.

4.2.2.1.2 Adição da Palha

Outra frente de atuação da tecnologia, destacado pela empresa Vibra, consiste na adição da palha para compor a biomassa. A palha representa, em quantidade, aproximadamente 15% de cana de açúcar integral. Esta palha está, geralmente, com uma umidade menor que a umidade do bagaço, o que permite que ela seja misturada com o bagaço seco, aumentando consideravelmente a quantidade de biomassa disponível.

A palha ou palhiço deve passar por um tratamento prévio antes de ser misturado ao bagaço. Este tratamento consiste em uma passagem por um peneiramento prévio para retirada de terra, areia e outros materiais que possam estar aderidos. Em seguida, terá que ser picado por meio de um sistema de picagem, o que evita que a palha seja lavada com água e adquira, assim, umidade.

Após o tratamento, a palha é colocada na correia transportadora, sobre a camada de bagaço, em uma parte específica que possui uma espécie de misturador.

Destaca-se que a colheita do palhiço é efetuada por máquinas existentes no mercado, especificamente desenvolvidas para esta tarefa e que tal colheita pode ser feita por 03 (três) diferentes sistemas, a saber:

- Colheita a granel (o palhiço permanece no solo e é recolhido por máquinas especiais e transportado a granel em caçambas);
- Colheita em fardos (palhiço é separado dos rebolos e enfardadeiras desenvolvidas especificamente para esta tarefa criam os fardos);
- Colheita integral (o palhiço vai junto com os rebolos de cana).

Ressalta-se que a extração da palha do campo poderia trazer prejuízos agronômicos, uma vez que o material orgânico mantido sobre o solo auxilia na redução da erosão, no reciclo de nutrientes e na manutenção de um nível mínimo de umidade no solo. Ressalta-se que os tratamentos adicionais para correção do problema ou prejuízos pela ausência deles não foram considerados neste modelo.

4.2.2.2 Modelo Comercial

A Vibra adota um modelo comercial de venda direta ao usuário final, usina do setor sucroalcooleiro, sendo fornecida a tecnologia, o que inclui todos equipamentos envolvidos e todo o treinamento necessário à equipe responsável pela operação da mesma.

4.2.2.3 Ganhos Incrementais Potenciais

Os ganhos do sistema estão focados na secagem do bagaço. São comparados o rendimento energético em termos de geração de vapor e energia elétrica, quando utilizado o bagaço úmido e o bagaço seco. A utilização do bagaço seco propicia maior eficiência, gerando maior quantidade de vapor e energia elétrica. Assim sendo, a retirada de uma fração da umidade contida no bagaço para a combustão nas caldeiras trará consigo benefícios de ordem econômica e ambiental.

Segunda a Vibra, caso a usina demande combustíveis complementares para a geração de vapor, poderá ser computada uma economia na compra dos mesmos, já que a energia elétrica gerada adicionalmente pelo aproveitamento da energia térmica, que seria emitida na atmosfera poderá ser utilizada na usina ou vendida.

A utilização do bagaço seco, que atinge mais rapidamente seu ponto de ignição comparativamente ao úmido, contribui para a redução das partículas que não entram em combustão. Adicionalmente, os gases quentes possuem uma elevada quantidade de particulados (material que não entrou em combustão). A camada de bagaço úmido atua como um filtro primário, pois uma elevada quantidade de particulados se integra ao bagaço em movimento, quando os gases quentes são forçados a atravessá-lo.

Por fim, a implementação de um sistema de Biomassa controlada (umidade, quantidade) proporciona uma combustão sem muitas variações, variação de temperatura dentro de uma pequena faixa, etc., fatores que ajudam a diminuir incrustações e outros inconvenientes provenientes de uma combustão oscilatória. Isto diminui a manutenção exigida pela caldeira, representando também uma economia de dispêndios financeiros.

A tabela a seguir resume alguns dos principais benefícios e economias obtidos a partir do uso da tecnologia.

Tabela 83 - Benefícios da secagem do bagaço

Descrição	Caldeira funcionando com bagaço úmido	Caldeira funcionando com bagaço "seco"	Melhoria (%)
Produção de Vapor (kg vapor/kg bagaço queimado).	1,76	2,67	51,70%
Rendimento energético do sistema em %.	64,50	78,00	20,93%
Diminuição do ar requerido (kg/h).	166.817	110.195	33,94%
Diminuição dos gases na chaminé (kg/h).	195.144	133.640	31,52%
Aumento do poder calorífico do bagaço (kcal/kg).	1.617	2.172	34,32%
Bagaço que será poupado (kg/h).	28.326	23.445	17,23%
Diminuição do material particulado emitido (kg/h).	707	200	71,71%

Fonte: *Elaboração Própria, com base em dados fornecidos pela Vibra.*

O proponente destaca que a adição da palha aumenta consideravelmente a quantidade de biomassa disponível, promovendo, assim, uma economia de combustível imediato, que permite a formação de

um estoque para que a geração de energia elétrica seja possível na época de fim de safra e, consequentemente, a continuidade na geração, proporcionando um benefício econômico para a usina.

Como pode ser observado, a utilização do Sistema FBT faz com que seja necessária uma quantidade menor de bagaço para gerar mais energia, comparativamente ao mesmo processo com o bagaço úmido, uma vez que este possui um poder calorífico menor do que o bagaço seco. Assim, a utilização do sistema promove a economia de biomassa por cada hora de funcionamento da caldeira, gerando uma sobra de biomassa que torna possível o aumento do tempo em que a usina é capaz de gerar energia térmica ou elétrica. Essa característica proporciona a melhoria das condições comerciais do excedente de energia da usina, uma vez que aumenta sua disponibilidade ao longo do ano.

4.2.2.4 Avaliação econômica

4.2.2.4.1 **Construção do Modelo**

O modelo de avaliação foi construído de forma a captar a os ganhos e/ou perdas em relação a um cenário padrão dado por uma usina com as seguintes características:

- a limpeza da palha é feita apenas no campo, eliminando parte das impurezas vegetais. Este processo não tem nenhum impacto na redução das impurezas minerais;
- já realiza venda de energia elétrica excedente proveniente da queima do bagaço, ou seja, o aumento da geração pela queima da palha não implicará em investimentos adicionais; e
- operação de 210 dias por ano e 24 horas.

Nesse sentido, dos ganhos potenciais da tecnologia foi considerado o aumento da cogeração de energia proveniente da queima do bagaço ressecado e da palha.

É importante ressaltar que este estudo não pretende generalizar nem esgotar a discussão sobre a viabilidade da tecnologia, mas analisar os principais componentes para um estudo individual de sua aplicação nas usinas. Nesse sentido, torna-se imprescindível que a escolha ou decisão pela implantação da tecnologia seja embasada num estudo de viabilidade individual.

4.2.2.4.2 **Investimentos Necessários**

De acordo com os dados apresentados pela Vibra, os equipamentos que compõem o Sistema FBT e o tratamento para adição da palha custam cerca de R\$ 4.317.750,00, já incluindo os impostos. Adicionalmente, existem, ainda, os gastos para a realização da montagem mecânica e elétrica, com os materiais de consumo, fabricação de tubulações, guindaste, etc. Segundo o proponente, tais gastos foram estimados em aproximadamente R\$ 730.000,00, totalizando um montante de R\$ 5.047.750,00, já incluindo os impostos pertinentes. Destaca-se que os valores mencionados têm data base de abril de 2013 e que, como existem componentes importados, o preço está sujeito às alterações inflacionárias e cambiais.

O Sistema FBT orçado acima tem uma capacidade de 45 a 60 toneladas de bagaço por hora. Segundo a Vibra, a variação da capacidade é em função da umidade final que se deseja atingir e do tempo de residência do bagaço no secador. Contudo, sabendo-se da possibilidade de estoque do bagaço e da palha, e que a usina está em operação cerca de 210 dias por ano, a capacidade da secadora não impõe grandes restrições ao modelo.

A instalação dos equipamentos pode ser feita na entre safra, gerando resultado imediato no primeiro ano. A respeito da vida útil dos equipamentos, o proponente informou que poderá ser considerada de 20 anos, caso seja efetuada a manutenção preventiva e corretiva adequada.

Ressalta-se, também, que o sistema de tratamento da palha não considera os investimentos em maquinário para colheita, carretas, enfardadeira (caso se decida enfardar), assim como toda a logística para o transporte específica da lavoura para a usina.

A linha de financiamento considerada foi o Finame Agrícola do BNDES, que permite financiar o máximo de 70% do valor das máquinas e equipamentos, por um prazo máximo de 90 meses e carência mínima de 3 (três) meses.

Tabela 84 – Sistema FBT - Financiamento

5. Financiamento	Valor	Unidade	Fonte
Percentual CAPEX financiado	70	% CAPEX	BNDES
Taxa de referência	TJLP	-	BNDES
Spread	2,9	% a.a.	BNDES
Modalidade	SAC	n/a	BNDES
Carência	3	meses	BNDES
Período de amortização	87	meses	BNDES

Fonte: elaboração própria

4.2.2.4.3 Custos e Despesas

O Sistema FBT é automatizado, logo não existe necessidade de novas contratações para sua operação. Ele pode ser controlado pelos mesmos técnicos que monitoram as caldeiras, com o devido treinamento para essa tarefa. Em relação ao pessoal para manutenção utiliza-se a mesma equipe que serve a usina.

As peças de reposição se resumem a um conjunto de chapas de fundo fluidizado. Esta chapa é de aço inoxidável com uma característica especial na perfuração através da qual passa o gás quente para a secagem. Segundo o proponente, o custo de uma chapa com área de 24 m² é de R\$ 36.000,00 e a vida útil do fundo fluidizado é de 18 a 24 meses, dependendo da areia que acompanhe a biomassa.

A Vibra informa que outros custos de manutenção serão possíveis de programar com maior precisão após 24 meses de operação, devido à longa vida dos materiais utilizados. A mensuração desses custos depende das estruturas e características específicas de cada usina, mas estima-se cerca de R\$

24.000,00 anuais, além do custo da chapa mencionado acima, para o nível de investimento projetado neste estudo.

Um custo incremental em relação à usina padrão é o transporte da palha até a planta industrial, anteriormente deixada como cobertura no campo. Apesar do transporte separado, o custo por tonelada considerado foi o mesmo.

A energia elétrica demandada pelo sistema, na maioria dos casos, é equivalente à diminuição do consumo dos ventiladores de ar primário e secundário. A secagem do bagaço é feito por meio do aproveitamento dos gases quentes da caldeira, antes de serem filtrados, lavados ou levados para chaminé. Portanto, o sistema não requer fonte externa de calor.

Observa-se que não são considerados outros custos variáveis para produção de energia, nem despesas variáveis sobre a venda, tais como taxa de transmissão e distribuição, apenas os impostos incidentes.

Como o sistema utiliza mão de obra já existente em outras atividades e não há comercialização de produtos adicionais, o custo indireto de pessoal pode ser considerado nulo. Contudo, o sistema poderia receber rateios de outros custos administrativos. Tal prática depende dos sistemas de controle de cada usina e da carga relativa de despesas administrativas, por este motivo, tal rateio não foi considerado nos estudos aqui apresentados.

4.2.2.4.4 Parâmetros do modelo

As duas tabelas abaixo relacionam os parâmetros de mercado e da usina padrão utilizados na modelagem.

Tabela 85 – Sistema FBT - Parâmetros de Mercado

1. Dados de mercado	Valor	Unidade	Fonte
Valor de compra/venda energia elétrica	90,00	R\$/MW	Ceres
Valor do frete de cana pago a terceiros	5,10	R\$/t	Grupo IDEA

Fonte: elaboração própria

Tabela 86 – Sistema FBT - Parâmetros do Cenário Padrão

2. Produção da usina	Valor	Unidade	Fonte
2.1. Premissas			
Processamento da cana	150	tcp/hora	Ceres
Dias de operação	210	dias/ano	STAB
Produção etanol média	78,79	l/tcp	CONAB
Fibra da cana	14,00	% cana	CTC
Umidade bagaço	50,00	%	BNDES
Cinza no bagaço	5,00	%	Vibra
Brix do bagaço	2,00	%	Vibra
Bagaço % cana	28,00	% cana	n/a
Poder calorífico bagaço	1.869	kcal/kg	SASTA
Potencial de geração de energia do bagaço	2.173	W/kg	n/a

Percentual de palha da cana integral	15,81	% cana	CTC
Impurezas vegetais transportadas	6,2	% cana	CTC
Palhiço deixado no campo	9,6	% cana	n/a
Impurezas minerais transportadas	1,20	% cana transp.	CTC
2.2. Produção safra			
Cana transportada e processada	756.000	t	n/a
Produção etanol	59.565	m ³	n/a
Bagaço gerado	211.680	t	n/a
Potencial total de geração de energia	460.004	MW	n/a

Fonte: elaboração própria

O bagaço percentual da cana transportada é calculado por meio da equação:

$$Bagaço\% = \frac{FibraDaCana}{1 - UmidadeBagaço} \times 100$$

O poder calorífico do bagaço foi calculado como uma média simples do Poder Calorífico Superior (HCV em inglês) e Poder Calorífico Inferior (LCV em inglês), calculados de acordo com o manual da Southern African Sugar Technologists Association (SASTA):

$$HCV \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{19605 - 196,05 \times \%UmBg - 196,05 \times \%CinzaBg - 31,14 \times \%BrixBg}{4,1868}$$

$$LCV \left(\frac{kcal}{kg} \right) = \frac{18309 - 207,6 \times \%UmBg - 196,05 \times \%CinzaBg - 31,14 \times \%BrixBg}{4,1868}$$

A conversão de kcal para W se dá pelo fator 1,163. Por fim, o potencial total de geração de energia é dado pelo produto do bagaço gerado (kg) e potencial de geração de energia do bagaço (W/kg).

4.2.2.5 Cálculo dos resultados

A fonte de ganho considerada na modelagem econômica do FBT é o aumento da cogeração de energia elétrica, calculada com base no aumento do potencial de geração do bagaço e no potencial de geração da palha.

Em relação ao bagaço, sua secagem a baixo custo (calor da chaminé) vai proporcionar a redução do volume e aumento do poder calorífico, conforme equações supracitadas. A diferença entre o novo potencial de geração e aquele da usina padrão será o ganho na safra, calculado em MW excedente e vendido no mercado.

Em relação à palha, o volume total disponível para queima é dado pelo percentual de palha na cana integral subtraído do percentual transportado com os colmos para moagem na usina padrão, considerado impureza vegetal. Este resultado equivale à palha deixada como cobertura do solo na usina padrão. Como o parâmetro de volume do modelo é o total de cana transportado, incluindo impurezas vegetais e minerais, o volume total disponível para queima calculado passa por um ajuste com o obje-

tivo de deixá-lo em função da cana transportada. Por fim, foi criado um parâmetro redutor que permite considerar que parte deste volume disponível ainda será deixada no campo como cobertura.

Salienta-se ainda que o regime tributário utilizado foi o de Lucro Real e que todas as projeções foram realizadas em valores reais, livres de inflação, na data do investimento inicial. Os fluxos de depreciação e financiamento, por sua vez, foram deflacionados, tornando-os reais.

A tabela abaixo mostra a carga tributária considerada.

Tabela 87 – Sistema FBT - Carga tributária

4. Carga tributária	Valor	Unidade
COFINS	7,60	%
PIS	1,65	%
IRPJ	25,00	%
CSLL	9,00	%
ICMS	18,00	%

Fonte: elaboração própria

4.2.2.6 Análise dos Cenários

Foram avaliados dois cenários, cujos resultados são apresentados a seguir.

4.2.2.6.1 **Cenário do Proponente**

O Cenário do Proponente foi elaborado de forma a captar o cenário otimista, considerando a redução da umidade do bagaço até 30%, utilização de toda a palha disponível com poder calorífico de 2.400 kcal/kg de palha.

A tabela abaixo apresenta os parâmetros para estimativa do fluxo de caixa no Cenário do Proponente e seus respectivos resultados estimados para uma safra.

Tabela 88 - Sistema FBT - Parâmetros do Cenário do Proponente

3. Secagem do bagaço e aproveitamento da palha	Valor	Unidade	Fonte
3.1. Dados da tecnologia			
Umidade bagaço	30,00	%	Ceres
Percentual de cinza no bagaço	5,00	%	Vibra
Brix do bagaço	2,00	%	Vibra
Bagaço % cana	20,00	% cana	n/a
Poder calorífico bagaço	2.833	kcal/kg	SASTA
Potencial de geração de energia do bagaço	3.294	W/kg	n/a
Palha transportada para usina (% palha disponível)	100	%	Ceres
Percentual da cana transportada	10,41	% cana transp.	n/a
Poder calorífico palha	2.400	kcal/kg	Vibra
Potencial de geração de energia da palha	2.791	W/kg	Vibra
3.2. Resultados por safra			
Cana transportada e processada	756.000	t	n/a
Produção etanol	59.565	m ³	n/a
Bagaço gerado	151.200	t	n/a

Potencial de geração de energia do bagaço	498.107	MW	n/a
Palha utilizada para queima	78.723	t	n/a
Potencial de geração de energia da palha	219.732	MW	n/a
Geração de energia incremental	257.835	MW	n/a
Custo de transporte da palha	401.489	R\$	n/a

Fonte: elaboração própria

Observa-se que, neste cenário, o peso do bagaço será reduzido em aproximadamente 30% em relação ao da Usina Padrão, mas seu poder calorífico aumenta 50%, resultando na cogeração de 38.103 MW a mais.

A utilização das 78.723 toneladas de palha disponíveis para queima, por sua vez, agregam 219.732 MW à geração elétrica da usina.

Estes valores considerados resultam no Fluxo de Caixa e Indicadores de Resultados apresentados nas duas tabelas abaixo.

Tabela 89 - Sistema FBT - Fluxo de Caixa do Cenário do Proponente

DCF	2013	2014	2015	2016	2023
Receita Bruta	23.205.143	23.205.143	23.205.143	23.205.143	23.205.143
(-) Cofins	(1.763.591)	(1.763.591)	(1.763.591)	(1.763.591)	(1.763.591)
(-) Pis	(382.885)	(382.885)	(382.885)	(382.885)	(382.885)
(-) ICMS	(4.176.926)	(4.176.926)	(4.176.926)	(4.176.926)	(4.176.926)
ROL	16.881.742	16.881.742	16.881.742	16.881.742	16.881.742
(-) CMV	(401.489)	(401.489)	(401.489)	(401.489)	(401.489)
= Lucro Bruto	16.480.252	16.480.252	16.480.252	16.480.252	16.480.252
(-) Despesas Operacionais	(42.000)	(42.000)	(42.000)	(42.000)	(42.000)
(-) Despesas Administrativas	-	-	-	-	-
= EBITDA	16.438.252	16.438.252	16.438.252	16.438.252	16.438.252
(-) Depreciação	(245.900)	(232.928)	(221.818)	(211.979)	(159.220)
(-) Despesas Financeiras	(198.258)	(178.079)	(141.020)	(107.481)	(0)
= EBIT	15.994.095	16.027.245	16.075.414	16.118.792	16.279.032
(-) IR	(3.998.524)	(3.998.524)	(3.998.524)	(3.998.524)	(3.998.524)
(-) CSLL	(1.439.469)	(1.439.469)	(1.439.469)	(1.439.469)	(1.439.469)
= LL	10.556.103	10.589.252	10.637.422	10.680.799	10.841.040
(+) Depreciação	245.900	232.928	221.818	211.979	159.220
(-) Investimentos	(5.047.750)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	3.022.425	-	-	-	-
(-) Amortizações	(303.327)	(386.145)	(366.396)	(348.290)	-
= FCFE	8.473.350	10.436.035	10.492.843	10.544.488	11.000.260
= Saldo de Caixa	8.473.350	18.909.386	29.402.229	39.946.717	115.700.548
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,51%</i>	<i>7,28%</i>	<i>7,33%</i>	<i>7,12%</i>	<i>6,93%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,84</i>	<i>0,79</i>	<i>0,49</i>
Valor Presente (FC)	8.210.410	9.391.966	8.791.562	8.288.005	5.443.030
Valor Presente (Saldo de Caixa)	8.210.410	17.602.376	26.393.938	34.681.943	80.950.756

Fonte: elaboração própria

Tabela 90 - Sistema FBT - Indicadores de Resultado do Cenário do Proponente

Indicadores	Valores
-------------	---------

TIR (% a.a.)	n/a
MTIR (% a.a.)	n/a
Payback	0 Anos e 0 Meses
VPL (R\$)	80.950.756

Fonte: elaboração própria

Observa-se na última tabela que não foi possível calcular a TIR e MTIR, porque o retorno sobre o investimento é alcançado no mesmo ano do investimento inicial.

4.2.2.6.2 Cenário de Equilíbrio

O Cenário de Equilíbrio considera os parâmetros ajustados de forma a tornar o VPL nulo, com o objetivo de construir uma perspectiva mais conservadora frente ao Cenário do Proponente.

Para atingir o equilíbrio, a umidade do bagaço foi reduzida até 45,47% e não foi considerada a utilização da palha como combustível na caldeira. Dada uma Usina Padrão, os parâmetros que terão maior influência nos resultados finais são estes dois, como será visto na próxima seção.

A tabela abaixo apresenta o resultado na safra para Cenário de Equilíbrio.

Tabela 91 - Sistema FBT - Resultados na Safra do Cenário de Equilíbrio

Resultados por safra	Valor	Unidade
Cana transportada e processada	756.000	t
Produção etanol	59.565	m ³
Bagaço gerado	194.095	t
Potencial de geração de energia do bagaço	471.083	MW
Palha utilizada para queima	0	t
Potencial de geração de energia da palha	0	MW
Geração de energia incremental	11.078	MW
Custo de transporte da palha	0	R\$

Fonte: elaboração própria

Nesse caso, o aumento do poder calorífico do bagaço permite um ganho de 11.078 MW, para a mesma quantidade de cana processada. As tabelas abaixo mostram o Fluxo de Caixa e Indicadores de Resultado deste cenário.

Tabela 92 - Sistema FBT - Fluxo de Caixa do Cenário de Equilíbrio

DCF	2013	2014	2015	2016	2023
Receita Bruta	997.053	997.053	997.053	997.053	997.053
(-) Cofins	(75.776)	(75.776)	(75.776)	(75.776)	(75.776)
(-) Pis	(16.451)	(16.451)	(16.451)	(16.451)	(16.451)
(-) ICMS	(179.470)	(179.470)	(179.470)	(179.470)	(179.470)
ROL	725.356	725.356	725.356	725.356	725.356
(-) CMV	-	-	-	-	-
= Lucro Bruto	725.356	725.356	725.356	725.356	725.356
(-) Despesas Operacionais	(42.000)	(42.000)	(42.000)	(42.000)	(42.000)
(-) Despesas Comerciais	-	-	-	-	-
(-) Despesas Administrativas	-	-	-	-	-

= EBITDA	683.356	683.356	683.356	683.356	683.356
(-) Depreciação	(245.900)	(232.928)	(221.818)	(211.979)	(159.220)
(-) Despesas Financeiras	(198.258)	(178.079)	(141.020)	(107.481)	(0)
= EBIT	239.199	272.348	320.517	363.895	524.136
(-) IR	(59.800)	(59.800)	(59.800)	(59.800)	(59.800)
(-) CSLL	(21.528)	(21.528)	(21.528)	(21.528)	(21.528)
= LL	157.871	191.021	239.190	282.568	442.808
(+) Depreciação	245.900	232.928	221.818	211.979	159.220
(-) Investimentos	(5.047.750)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	3.022.425	-	-	-	-
(-) Amortizações	(303.327)	(386.145)	(366.396)	(348.290)	-
= FCFE	(1.924.881)	37.804	94.612	146.257	602.028
= Saldo de Caixa	(1.924.881)	(1.887.077)	(1.792.466)	(1.646.209)	1.319.999
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>10,5</i>
<i>Ke</i>	<i>7,18%</i>	<i>7,96%</i>	<i>8,01%</i>	<i>7,80%</i>	<i>7,61%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,89</i>	<i>0,82</i>	<i>0,77</i>	<i>0,46</i>
Valor Presente (FC)	(1.859.253)	33.700	78.028	112.442	278.770
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(1.859.253)	(1.825.553)	(1.747.525)	(1.635.083)	0

Fonte: elaboração própria

Tabela 93 - Sistema FBT - Indicadores de Resultado do Cenário de Equilíbrio

Indicadores	Valores
TIR (% a.a.)	7,63
MTIR (% a.a.)	7,42
Payback	8 Anos e 10 Meses
VPL (R\$)	(0)

Fonte: elaboração própria

4.2.2.7 Análise de sensibilidade

Esta seção apresenta a sensibilidade do resultado da implantação da tecnologia, representado pelo VPL, diante da variação dos parâmetros mais relevantes em relação ao Cenário do Proponente.

A Vibra não informou o investimento necessário para diferentes capacidades de processamento, mas como mencionado acima, a capacidade do FBT não impõe grande restrição ao modelo, uma vez que é possível estocar o bagaço e a palha. Considerando-se o limite inferior da capacidade do FBT, o funcionamento contínuo ao longo de todo ano, permitira a secagem de 394 mil toneladas de bagaço; a 50% de umidade, tal volume equivale ao processamento de 279 toneladas de cana por hora em 210 dias de safra. A tabela abaixo apresenta os resultados para diferentes níveis de processamento.

Tabela 94 – Sistema FBT - Sensibilidade do VPL a Quantidade de Cana Processada por Hora

Cana processada t/h	VPL (R\$ milhões)
100	59.404
126	62.922
151	66.440
177	69.958
202	73.476
228	76.993

253	80.511
279	84.029

Fonte: elaboração própria.

Estes resultados mostram que a tecnologia permite ganho de escala, visto que quanto maior a quantidade de cana processada, maior o VPL do projeto.

No que diz respeito ao poder calorífico da palha, no Cenário do Proponente foi utilizado 2.400 kcal/kg, conforme informado pela Vibra. Contudo, na literatura a respeito, encontram-se valores inferiores, por exemplo, 1986 kcal/kg demonstrado por Ripoli (1991). A tabela abaixo apresenta, então, a sensibilidade em relação ao poder calorífico da palha.

Tabela 95 – Sistema FBT - Sensibilidade do VPL ao Poder Calorífico da Palha

Poder Calorífico Kcal/kg	VPL (R\$ milhões)
1.700	59.404
1.814	62.922
1.929	66.440
2.043	69.958
2.157	73.476
2.271	76.993
2.386	80.511
2.500	84.029

Fonte: elaboração própria.

Dada uma Usina Padrão, os parâmetros que terão maior influência nos resultados finais são a umidade do bagaço após a secagem e a quantidade de palha que será utilizada como combustível, representado neste modelo pelo percentual da palha disponível que será transportada para usina. A tabela a seguir mostra a sensibilidade em relação a estes dois parâmetros.

Tabela 96 - Sistema FBT - Sensibilidade do VPL a Umidade Final do Bagaço e ao Percentual da Palha Disponível Utilizada como Combustível

	Umidade final bagaço (%)								
	30,00	32,50	35,00	37,50	40,00	42,50	45,00	47,50	50,00
0,00	9.135	7.949	6.670	5.289	3.792	2.162	366	(1.654)	(4.942)
12,50	18.114	16.928	15.650	14.271	12.776	11.151	9.378	7.436	5.299
Palha transportada para usina (% palha disponível)	25,00	27.091	25.905	24.628	23.248	21.754	20.129	18.357	16.415
	37,50	36.068	34.882	33.605	32.225	30.731	29.106	27.334	25.393
	50,00	45.045	43.859	42.581	41.202	39.707	38.083	36.311	34.370
	62,50	54.021	52.835	51.558	50.178	48.684	47.059	45.287	43.346
	75,00	62.998	61.812	60.534	59.155	57.660	56.036	54.264	52.323
	87,50	71.974	70.788	69.511	68.131	66.637	65.012	63.240	61.299
	100,00	80.951	79.765	78.487	77.108	75.613	73.989	72.217	70.276

Fonte: elaboração própria

Esta tabela mostra que a tecnologia alcançou viabilidade econômica na grande maioria dos cenários. Nota-se também a relevância da palha com combustível para caldeira. O Cenário do Proponente já

deixava isso claro. Enquanto a redução de 50% para 30% da umidade acrescenta 38.103 MW à geração da Usina Padrão, a queima de toda palha disponível acrescenta 219.732 MW na safra.

Sendo o venda de energia a principal fonte de receita incremental da tecnologia, a tabela abaixo apresenta a sensibilidade do VPL em relação ao valor de venda da energia e a custo de capital da usina.

Tabela 97 - Sistema FBT - Sensibilidade do VPL ao Custo de Capital e Valor de Venda da Energia

	Ke estático								
	4,00	4,75	5,50	6,25	7,00	7,75	8,50	9,25	10,00
50,00	49.168	47.306	45.549	43.890	42.322	40.839	39.435	38.106	36.846
67,50	68.523	65.968	63.557	61.279	59.126	57.090	55.162	53.336	51.605
85,00	87.879	84.631	81.565	78.669	75.931	73.341	70.889	68.566	66.363
102,50	107.234	103.293	99.573	96.059	92.736	89.592	86.616	83.796	81.121
120,00	126.590	121.956	117.581	113.448	109.541	105.844	102.343	99.025	95.880
137,50	145.945	140.618	135.589	130.838	126.346	122.095	118.069	114.255	110.638
155,00	165.300	159.281	153.597	148.228	143.150	138.346	133.796	129.485	125.396
172,50	184.656	177.943	171.605	165.617	159.955	154.597	149.523	144.715	140.155
190,00	204.011	196.605	189.614	183.007	176.760	170.848	165.250	159.944	154.913

Fonte: elaboração própria

4.2.2.8 Comentários gerais

As análises mostraram que a tecnologia é viável na maioria dos cenários, sendo que alguns parâmetros têm maior ou menor impacto no resultado.

É importante ressaltar que a viabilidade depende em grande medida da configuração da Usina Padrão, uma vez que seus níveis atuais de geração, capacidade das caldeiras e turbinas, formas de colheita e aproveitamento da palha já podem estar trazendo algum benefício em termos energéticos. Lembrando que, a Usina Padrão considerada não teria implantado ainda nenhuma melhoria nesse sentido. Isso indica que a implantação do Sistema FBT e respectivos ganhos têm que ser analisados caso a caso, considerando a configuração da usina cliente.

Além disso, sugere-se que os contratos de transferência estejam vinculados à *performance* da tecnologia, pelo menos quanto às variáveis de maior sensibilidade e incerteza. Tal prática ajudaria a resguardar as usinas de parte do risco pelo investimento, substanciando a política comercial com foco em resultados e na revisão de parâmetros, se necessário.

Pontua-se, por fim, que o estudo de caso individual deveria estar pautado no levantamento dos seguintes dados:

- Custo da tonelada do Bagaço para a usina;
- Custo da energia elétrica para a usina;
- Preço de venda da energia elétrica resultado da cogeração, onde o combustível tem um papel preponderante;

- Custo de hora-homem (para operação) praticado na usina;
- Custo da palha colocado na usina até a entrada na peneira;
- Valores creditados em crédito de carbono pela não emissão de CO₂;
- Valores gerados em crédito pela diminuição de particulados na atmosfera;
- Dentre outros.

4.3 Fermentação de Mosto Concentrado

4.3.1 ECOFERM

4.3.1.1 Descrição do Processo

A tecnologia ECOFERM foi desenvolvida por meio da parceria entre duas empresas, a Dedini e a Fermentec.

A tecnologia atua na etapa do processo produtivo na qual o mosto, subproduto do caldo da cana de açúcar, é fermentado por meio de leveduras para a produção do vinho alcoolizado. Futuramente ele será destilado para a separação do etanol e da vinhaça, líquido que contém o resto do processo produtivo (água, matéria orgânica e minerais em suspensão).

O objetivo da tecnologia é viabilizar a utilização de uma levedura capaz de suportar um processo de fermentação com alto teor alcoólico. Para tanto, o mosto é concentrado antes de sua fermentação, eliminando parte da água por evaporação. Com isso, o mosto possuirá uma maior concentração de sacarose, fazendo com que seja possível o alcance de níveis mais altos de concentração alcoólica durante o processo fermentativo.

O processo atual de fermentação não possibilita que isso ocorra, visto que a levedura utilizada não suporta tais níveis de concentração de álcool. Por isso existe a necessidade de utilização de uma levedura mais resistente, desenvolvida pela Fermentec. Ao mesmo tempo, os equipamentos necessários, tanto para a concentração do mosto, como para a garantia das condições ideais necessárias para o processo produtivo, são desenvolvidos pela Dedini.

4.3.1.2 Modelo comercial

O proponente informou que o canal de transferência da tecnologia é direta ao cliente (usinas), pelo modelo *turn key*, sendo fornecida a planta industrial da tecnologia e todo o treinamento necessário à equipe responsável pela operação da mesma.

4.3.1.3 Ganhos incrementais potenciais

Por meio da fermentação do mosto concentrado, os proponentes ressaltam a possibilidade dos seguintes ganhos para a usina:

- Redução da Perda de Etanol

Durante o processo de destilação do vinho alcoolizado, atinge-se certo nível no qual a maior parte do etanol já fora destilada e, então, passam a ser necessários cada vez mais esforços para que esse processo de destilação continue. Dessa forma, a partir de um certo ponto, torna-se vantajoso para a usina não continuar com o processo de destilação, mesmo com a perda de volume de etanol. Segundo os proponentes, a implantação da tecnologia pode levar a uma recuperação de até 2,5% de etanol devido ao aumento da eficiência média de conversão de açúcares.

- Redução do Volume do Consumo de Vapor

Durante o processo produtivo da usina o vapor é amplamente utilizado, tanto para aquecer soluções líquidas, como para gerar energia. Na medida em que o ECOFERM reduz o volume de vinho alcoolizado a ser destilado, menos vapor é utilizado neste processo, gerando um excedente que pode ser utilizado em outras áreas da usina. Segundo os proponentes, o consumo de vapor pode ser reduzido em até 45%, dependendo do teor alcoólico do vinho alcançado, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 98 - ECOFERM - Redução consumo vapor

Teor alcoólico vinho (°GL)	Consumo vapor (kg v/l AEHC)	Redução Con- sumo (%)
8	2,60	0,00
9	2,36	9,23
10	2,16	16,92
11	1,99	23,46
12	1,85	28,85
13	1,74	33,08
14	1,61	38,08
15	1,52	41,54
16	1,46	43,85

Fonte: Dedini e Fermentec

- Ganho com Produção de Leveduras

A comercialização de leveduras, devido ao seu conteúdo proteico, é uma prática comum em indústrias que dependem de fermentação. Devido à necessidade de um maior controle das condições operacionais do processo produtivo e também da utilização de leveduras especializadas na tecnologia ECOFERM, a sua produção apresenta maiores índices do que os atuais, possibilitando uma venda ainda maior de leveduras para o mercado. Segundo os proponentes, uma usina com *mix* de produção de 50% etanol e 50% de açúcar conseguiria produzir 0,57 kg de levedura por tonelada de cana processada.

- Redução do Consumo de Insumos

É necessário no processo de fermentação com alto nível de concentração alcoólica que algumas medidas sejam tomadas para garantir sua eficiência. Dentre elas podemos citar a utilização de água

potável para diluição do mosto e também o controle da temperatura. Com essas medidas o número de contaminações sofridas durante o processo fermentativo é reduzido consideravelmente e, conseqüentemente, o uso de antibióticos na fermentação. Além deste uso, a tecnologia permite a redução do consumo de ácido sulfúrico, antiespumante e dispersante.

A tabela abaixo mostra a redução máxima do consumo de cada um destes insumos, elevando-se o teor alcoólico do vinho a 16ºGL.

Tabela 99 – ECOFERM - Redução do consumo de insumos

Insumo	Unidade	Consumo usina padrão (8ºGL)	Consumo com ECOFERM (16ºGL)	Redução Consumo (%)
Ácido sulfúrico	kg/m³ EtOH	8,000	4,800	40
Antiespumante	kg/m³ EtOH	0,500	0,450	10
Antibiótico	kg/m³ EtOH	0,004	0,003	25
Dispersante	kg/m³ EtOH	0,200	0,170	15

Fonte: Dedini e Ecoferm

- Redução do Volume da Vinhaça

Como visto anteriormente, a redução do volume da vinhaça pode acarretar em diversos ganhos logísticos para a usina, devido ao alto custo de sua distribuição para fertirrigação.

A redução do volume de vinhaça ocorre por causa da etapa de concentração do mosto antes de sua fermentação. Com isso, o volume total de mosto fermentado é menor e, conseqüentemente, o volume de vinhaça produzido também. É importante salientar que este processo se diferencia das outras tecnologias de redução de vinhaça descritas neste relatório, visto que a redução do volume não ocorre por meio de seu tratamento direto, e sim em uma etapa anterior a sua formação no processo produtivo.

A tabela abaixo apresenta a redução do volume da vinhaça em relação ao aumento do teor alcoólico do vinho.

Tabela 100 - ECOFERM – Redução do volume da vinhaça

Teor alcoólico vinho (ºGL)	Produção vinhaça (l vinh./l AEHC)	Redução Consumo (%)
8	12,50	0,00
9	11,00	12,0
10	9,90	20,8
11	8,90	28,8
15	6,50	48,0
16	5,80	53,6

Fonte: adaptado dos dados fornecidos pela Dedini e Fermentec

- Redução do impacto ambiental de químicos no solo de fertirrigação com vinhaça

Como consequência indireta da redução do consumo de insumos, existe ainda um potencial ganho em relação ao impacto ambiental causado por estes produtos químicos no solo. Apesar desse ganho ser difícil de mensurar, este pode ser significativo, em especial, no caso de aumento da resistência de “pragas” na atividade.

- Redução da necessidade de centrífugas para creme de leveduras

Em casos de plantas já existentes, *brown fields*, a partir da implementação da tecnologia, e consequente redução do volume de mosto gerado, parte das centrífugas ficam ociosas. Nesse caso, essas podem ser utilizadas para tratar a levedura *in-natura* produzida, gerando ainda mais valor agregado ao produto. Já no caso de novas plantas, *green fields*, essas centrífugas deixam de ser necessárias, diminuindo a necessidade de investimento inicial da indústria.

4.3.1.4 Avaliação econômica

4.3.1.4.1 **Construção do modelo**

O modelo de avaliação foi construído de forma a captar os ganhos e custos adicionais em relação a um cenário padrão dado por uma usina com *mix* de produção voltado todo para o etanol com os seguintes indicadores de produção:

- processamento de 131 toneladas de cana por hora e 130 toneladas de mosto;
- operação contínua de 210 dias por ano e 24 horas por dia;
- produtividade de 78,79 litros por toneladas de cana processada;
- teor alcoólico do vinho de 8°GL; e
- produção de 12,5 litros de vinhaça por litro de etanol.

Do rol de ganhos incrementais permitidos pela tecnologia, foram considerados os seguintes: redução da perda de etanol, redução do consumo de vapor e insumos, e redução do volume da vinhaça. Os demais não foram incluídos no modelo, porque os proponentes não forneceram parâmetros e regras que dessem suporte às projeções financeiras.

Sobre o resultado alcançado pela redução do volume da vinhaça é importante ressaltar que foi computada apenas a economia com custo de transporte. Não foi considerada a possibilidade de substituição do fertilizante mineral (KCL), utilizado para suprir a demanda de potássio do canavial e onde a fertirrigação torna-se inviável. Também não foi incluído o ganho pela redução no volume de água captado pela usina, o que é admissível porque a água extraída da vinhaça pode ser utilizada em outros processos industriais.

É importante ressaltar que este estudo não pretende generalizar, nem esgotar a discussão sobre a viabilidade da tecnologia, mas analisar os principais componentes para um estudo individual de sua aplicação nas usinas. Nesse sentido, torna-se imprescindível que a escolha ou decisão pela implantação da tecnologia seja embasada num estudo de viabilidade individual.

4.3.1.4.2 Premissas econômicas

4.3.1.4.2.1 Capex

Segundo os proponentes, o módulo da ECOFERM é orçado e construído de acordo com as configurações de cada usina, sendo o principal parâmetro a quantidade de mostro processada por hora. Neste estudo, foi tomada como base uma usina com capacidade de processamento de 130 toneladas de mosto por hora. Para este volume, a instalação da tecnologia envolve um investimento total de R\$ 12,885 milhões, detalhado na tabela abaixo. Não foram informados investimentos necessários para diferentes escalas de produção.

Tabela 101 – ECOFERM - Capex

Investimento	Valor(R\$)
Fermentadores (dornas)	2.700.000,00
Pré-fermentadores (cubas)	700.000,00
Chillers de absorção	2.200.000,00
Trocadores de calor	550.000,00
Moto-bombas	600.000,00
Centrifugas	1.100.000,00
Coluna de CO2	75.000,00
Fitros de vinho	100.000,00
Tanque pulmão de vinho	200.000,00
Tanques diversos	230.000,00
Estrutura metálica	600.000,00
Interligações	1.100.000,00
Instrumentação	500.000,00
Elétrica	400.000,00
Automação	380.000,00
Equipamentos Laboratórios (HPLC)	450.000,00
Serviços (Consultoria e Engenharia)	1.000.000,00
Total	12.885.000,00

Fonte: Dedini e Fermentec

Segundo os proponentes, o tempo para entrada em operação é de seis meses. Por este motivo, na projeção dos fluxos de caixa, os benefícios e custos com a tecnologia se iniciam seis meses após o investimento inicial.

Apesar de existir a possibilidade de substituição ou inutilização de equipamentos, não foram considerados valores de desinvestimento. Bem como não foram considerados possíveis investimentos em novos sistemas de transporte e aplicação da vinhaça concentrada, se necessários.

A linha de financiamento adotada foi o PSI do BNDES, que permite financiar o máximo de 90% do valor das máquinas e equipamentos novos, por um prazo máximo de 120 meses e carência mínima de 3 (três) meses.

Tabela 102 - ECOFERM - Financiamento

Financiamento	Valor	Unidade	Fonte
Percentual CAPEX financiado	90	% CAPEX	BNDES
Taxa de juros	3,0	% a.a.	BNDES
Modalidade	SAC	n/a	BNDES
Carência	3	meses	BNDES
Período de amortização	117	meses	BNDES

Fonte: elaboração própria

4.3.1.4.2.2 Custos e Despesas

Segundo os proponentes, boa parte dos custos operacionais envolvidos no processo são iguais aos custos da tecnologia padrão, quando não são menores. Neste último caso, foram considerados como fontes de ganhos para a usina. Como a análise objetiva o estudo dos ganhos incrementais da tecnologia em relação ao processo vigente, os custos comuns aos dois foram aqui desconsiderados.

Os insumos demandados pelo processo e que proporcionam a economia citada são: ácido sulfúrico, antiespumante, antibiótico, dispersante e vapor.

Os custos de manutenção e reparo dos equipamentos de forma a manter sua vida útil em 20 anos com a mesma capacidade são estimados em 3% do CAPEX. Tratando-se de um fluxo de caixa incremental, deveria ser considerada apenas a diferença entre os custos de manutenção com a tecnologia e com o processo padrão. Por não ter sido possível estimar os custos do processo padrão, considerou-se a estimativa do proponente sem nenhum desconto.

Observa-se ainda que não foram incluídas despesas de comercialização, uma vez que não há acréscimo de novos produtos.

4.3.1.4.2.3 Cálculo dos resultados

Como mencionado acima, os resultados proporcionados pela implantação da tecnologia foram calculados em comparação com o processo de uma usina padrão. As duas tabelas abaixo apresentam os valores de referência utilizados para os insumos e, em seguida, os parâmetros da usina padrão.

Tabela 103 - ECOFERM - Valores de referência

Valores de referência	Valor	Unidade	Fonte
Etanol	1,20	R\$/l	CEPEA - ESALQ
Ácido sulfúrico	0,397	R\$/Kg	Dedini/Fermentec
Antiespumante	10,70	R\$/Kg	Dedini/Fermentec
Antibiótico	240,00	R\$/Kg	Dedini/Fermentec
Dispersante	8,00	R\$/Kg	Dedini/Fermentec
Custo industrial do vapor	7,20	R\$/t	Dedini/Fermentec
Custo médio de transporte e aplicação da vinhaça	7,83	R\$/m3	Dedini/Fermentec

Fonte: elaboração própria.

Tabela 104 - ECOFERM - Produção da usina padrão

Produção da usina padrão	Valor	Unidade	Fonte
Premissas			
Processamento da cana	131	tcp/hora	Ceres
Dias de operação	210	dias/ano	STAB
Produção etanol média	78,79	l/tcp	CONAB
Produção vinhaça por litros de etanol	12,50	l/l	IAA/CENAL
Produção de mosto por tcp	0,99	t/tcp	Ceres
Teor alcoólico do vinho	8	°GL	Dedini/Fermentec
Consumo dos insumos para fermentação e destilação			
Ácido sulfúrico	8	kg/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Antiespumante	0,5	kg/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Antibiótico	0,004	kg/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Dispersante	0,2	kg/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Vapor	2,60	t/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Resultado na safra			
Processamento de cana	661.504	t	n/a
Produção de etanol	52.120	m ³	n/a
Produção de mosto por hora	130	t/h	n/a
Produção vinhaça	651.499	m ³	n/a
Gastos na safra			
Ácido sulfúrico	165.533	R\$	n/a
Antiespumante	278.842	R\$	n/a
Antibiótico	50.035	R\$	n/a
Dispersante	83.392	R\$	n/a
Vapor	975.685	R\$	n/a
Custo transporte e aplicação vinhaça	5.101.236	R\$	n/a

Fonte: elaboração própria.

O regime tributário utilizado foi o Lucro Real e todas as projeções foram realizadas em valores reais, livres de inflação, na data do investimento inicial. Os fluxos de depreciação e financiamento, por sua vez, foram deflacionados, tornando-os reais.

A tabela abaixo mostra a carga tributária considerada.

Tabela 105 - ECOFERM - Carga tributária

4. Carga tributária	Valor	Unidade
COFINS	7,60	%
PIS	1,65	%
IRPJ	25,00	%
CSLL	9,00	%

Fonte: elaboração própria

Os ganhos incrementais anuais foram calculados da seguinte forma:

- **Aumento da produção de etanol**

O impacto dessa vantagem do ECOFERM é direto na receita da usina. Mas como não foi possível estimar os custos variáveis médios para produção do etanol, tomou-se a média dos três últimos anos

da Margem EBIT das empresas de capital aberto do setor e calculou-se o EBIT incremental proporcionado pelo aumento da produção de etanol e o preço atual do litro, apresentado acima.

O aumento da produção, por sua vez, é calculado diretamente sobre a produção no Cenário Padrão.

- **Redução do volume da vinhaça**

O ganho mais significativo percebido se dá pela redução dos custos de transporte da vinhaça. Para este cálculo assumem-se duas condições:

- O custo de aplicação da vinhaça no campo é o mesmo independente de sua concentração; e
- Não considera aumento da área fertirrigada e, por consequência, a substituição da compra de fertilizante mineral.

Sendo assim, o ganho econômico se dará pela comparação dos custos totais de transporte antes e depois da implantação da tecnologia. Este valor será equivalente ao volume reduzido na vinhaça multiplicado pelo seu custo de transporte.

A capacidade de redução do volume da vinhaça foi fornecida pelos proponentes, apresentada na seção Ganhos Potenciais Incrementais, e está em função do teor alcoólico do vinho ao final do processo. De forma a elaborar cenários mais conservadores, foi acrescentado um parâmetro chamado de Eficiência da Tecnologia, que reduz os valores informados pelo proponente, e por consequência, os ganhos com a tecnologia.

- **Redução do consumo de insumos**

Da mesma forma que a vinhaça, a capacidade de redução do consumo de insumos foi fornecida pelos proponentes e apresentada na seção Ganhos Potenciais Incrementais, em função do teor alcoólico do vinho ao final do processo.

O parâmetro criado, Eficiência da Tecnologia, tem impacto nesse cálculo, de forma que quando menor a eficiência, menor a redução dos insumos e menor o ganho com a tecnologia.

O resultado é calculado por meio da comparação direta com a usina padrão.

4.3.1.4.3 Análise de cenários

Foram avaliados dois cenários, cujos resultados são apresentados a seguir.

4.3.1.4.3.1 Cenário do Proponente

A Dedini e Fermentec forneceram faixas mínimas e máximas de ganho. O Cenário do Proponente foi elaborado de forma a captar o cenário otimista, considerando-se 100% de eficiência da ECOFERM, teor alcoólico de 16°GL e os maiores níveis de ganho permitidos.

A tabela abaixo apresenta os parâmetros para estimativa do fluxo de caixa no Cenário do Proponente.

Tabela 106 - ECOFERM - Parâmetros Cenário Proponente

Produção com Ecoferm	Valor	Unidade	Fonte
Premissas			
Teor alcoólico do vinho	16	°GL	Dedini/Fermentec
Eficiência Ecoferm	100	%	Ceres
Aumento da eficiência média de conversão de açúcar em etanol	2,5	%	Dedini/Fermentec
Margem EBIT da usina	13,25	%	Ceres
Produção vinhaça por litros de etanol	5,81	l/l	Dedini/Fermentec
Δ Ecoferm	-53,53	%	n/a
Novo consumo de insumos para fermentação e destilação			
Ácido sulfúrico			
Δ Ecoferm (100% eficiência e 16°GL)	-40	%	n/a
Consumo	4,800	kg/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Antiespumante			
Δ Ecoferm (100% eficiência e 16°GL)	-10	%	n/a
Consumo antiespumante	0,450	kg/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Antibiótico			
Δ Ecoferm (100% eficiência e 16°GL)	-25	%	n/a
Consumo antibiótico	0,003	kg/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Dispersante			
Δ Ecoferm (100% eficiência e 16°GL)	-15	%	n/a
Consumo dispersante	0,170	kg/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Vapor			
Consumo de vapor	1,45	t/m ³ EtOH	Dedini/Fermentec
Δ Ecoferm	-44,11	%	n/a

Fonte: elaboração própria.

Tais parâmetros geram os resultados na safra apresentados na tabela abaixo.

Tabela 107 - ECOFERM - Resultados Cenário Proponente

	Valor	Unidade	Fonte
Resultado na safra			
Processamento de cana	661.504	t	n/a
Produção de etanol	53.423	m ³	n/a
Aumento produção etanol	1.303	m ³	n/a
Lucro líquido incremental	207.177	R\$	n/a
Produção de mosto por hora	130	t/h	n/a
Produção vinhaça	310.342	m ³	n/a
Redução do volume	341.157	m ³	n/a
Variação dos gastos na safra			
Ácido sulfúrico	-63.730	R\$	n/a
Antiespumante	-21.610	R\$	n/a
Antibiótico	-11.571	R\$	n/a
Dispersante	-10.737	R\$	n/a
Vapor	-416.706	R\$	n/a
Custo transporte e aplicação vinhaça	-2.671.255	R\$	n/a

Fonte: elaboração própria

Observa-se que a quantidade de cana e o volume de mostro processados por hora é o mesmo do Cenário Padrão, mas o volume de etanol tem um acréscimo de 2,5% ou 1.303 m³. Este aumento proporciona um EBIT incremental de R\$ 207.177,00 por safra.

A segunda seção da tabela apresenta os ganhos pela redução do consumo de insumos e do volume da vinhaça. Percebe-se que a significância da economia de transporte da vinhaça e do vapor frente ao ganho com os outros insumos.

Tomando-se um período de avaliação de 11 anos, a implantação da tecnologia gera o seguinte fluxo de caixa com seus respectivos indicadores de resultado apresentados nas tabelas a seguir. Salienta-se que esta construção considera o período adicional de um ano por que o efeito não é imediato, conforme mencionado anteriormente.

Tabela 108 - ECOFERM - Fluxo de Caixa do Cenário do Proponente

DCF	2013	2014	2015	2016	2024
Redução da aquisição de insumos	53.824	107.648	107.648	107.648	107.648
Redução do consumo de vapor	208.353	416.706	416.706	416.706	416.706
Redução do custo de transporte e aplicação da vinhaça	1.335.628	2.671.255	2.671.255	2.671.255	2.671.255
= Lucro Bruto	1.597.805	3.195.609	3.195.609	3.195.609	3.195.609
(-) Despesas Operacionais	(386.550)	(386.550)	(386.550)	(386.550)	(386.550)
= EBITDA	1.211.255	2.809.059	2.809.059	2.809.059	2.809.059
(-) Depreciação	(309.784)	(594.578)	(566.218)	(541.103)	(394.369)
(-) Despesas Financeiras	(298.067)	(278.641)	(233.449)	(192.500)	-
(+) EBIT incremental projeto	103.588	207.177	207.177	207.177	207.177
= EBIT	706.992	2.143.017	2.216.569	2.282.633	2.621.867
(-) IR	(176.748)	(535.754)	(554.142)	(570.658)	(655.467)
(-) CSLL	(63.629)	(192.872)	(199.491)	(205.437)	(235.968)
= LL	466.614	1.414.391	1.462.936	1.506.538	1.730.432
(+) Depreciação	309.784	594.578	566.218	541.103	394.369
(-) Investimentos	(12.885.000)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	11.596.500	-	-	-	-
(-) Amortizações	(865.398)	(1.101.680)	(1.045.336)	(993.679)	-
= FCFE	(1.377.499)	907.289	983.817	1.053.962	2.124.801
= Saldo de Caixa	(1.377.499)	(470.209)	513.608	1.567.570	13.343.320
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>11,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,50%</i>	<i>7,27%</i>	<i>7,32%</i>	<i>7,11%</i>	<i>6,97%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,84</i>	<i>0,79</i>	<i>0,46</i>
Valor Presente (FC)	(1.334.802)	816.610	824.455	828.630	978.578
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(1.334.802)	(518.192)	306.262	1.134.892	7.881.953

Fonte: elaboração própria

Tabela 109 - ECOFERM - Indicadores do Cenário do Proponente

Indicadores	Valores
-------------	---------

TIR (% a.a.)	72,72
MTIR (% a.a.)	27,50
Payback	2 Anos e 6 Meses
VPL (R\$)	7.881.953

Fonte: elaboração própria

4.3.1.4.3.2 Cenário de Equilíbrio

O Cenário de Equilíbrio considera os parâmetros ajustados de forma a tornar o VPL nulo, com o objetivo de construir uma perspectiva mais conservadora frente ao Cenário do Proponente.

Com este intuito, considerou-se o teor alcoólico de 14°GL, 70% de Eficiência da ECOFERM e não foram considerados ganhos com aumento da produção do etanol. As tabelas a seguir apresentam o fluxo de caixa e indicadores gerados por estas alterações.

Tabela 110 - ECOFERM - Fluxo de Caixa Cenário de Equilíbrio

DCF	2013	2014	2015	2016	2024
Redução da aquisição de insumos	31.169	62.337	62.337	62.337	62.337
Redução do consumo de vapor	128.386	256.773	256.773	256.773	256.773
Redução do custo de transporte e aplicação da vinhaça	773.905	1.547.811	1.547.811	1.547.811	1.547.811
= Lucro Bruto	933.460	1.866.921	1.866.921	1.866.921	1.866.921
(-) Despesas Operacionais	(386.550)	(386.550)	(386.550)	(386.550)	(386.550)
= EBITDA	546.910	1.480.371	1.480.371	1.480.371	1.480.371
(-) Depreciação	(309.784)	(594.578)	(566.218)	(541.103)	(394.369)
(-) Despesas Financeiras	(298.067)	(278.641)	(233.449)	(192.500)	-
(+) EBIT incremental projeto	-	-	-	-	-
= EBIT	(60.941)	607.152	680.704	746.768	1.086.002
(-) IR	-	(151.788)	(170.176)	(186.692)	(271.501)
(-) CSLL	-	(54.644)	(61.263)	(67.209)	(97.740)
= LL	(60.941)	400.720	449.265	492.867	716.761
(+) Depreciação	309.784	594.578	566.218	541.103	394.369
(-) Investimentos	(12.885.000)	-	-	-	-
(+) Recebimento de Recursos	11.596.500	-	-	-	-
(-) Amortizações	(865.398)	(1.101.680)	(1.045.336)	(993.679)	-
= FCFE	(1.905.054)	(106.382)	(29.854)	40.291	1.111.130
= Saldo de Caixa	(1.905.054)	(2.011.436)	(2.041.290)	(2.000.999)	1.665.383
<i>Período a Descontar (anos)</i>	<i>0,5</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>11,5</i>
<i>Ke</i>	<i>6,50%</i>	<i>7,27%</i>	<i>7,32%</i>	<i>7,11%</i>	<i>6,97%</i>
<i>Fator de Desconto</i>	<i>0,97</i>	<i>0,90</i>	<i>0,84</i>	<i>0,79</i>	<i>0,46</i>
Valor Presente (FC)	(1.846.006)	(95.749)	(25.018)	31.677	511.731
Valor Presente (Saldo de Caixa)	(1.846.006)	(1.941.755)	(1.966.773)	(1.935.096)	(0)

Fonte: elaboração própria.

Tabela 111 - ECOFERM - Indicadores Cenário de Equilíbrio

Indicadores	Valores
TIR (% a.a.)	6,95
MTIR (% a.a.)	6,94
Payback	10 Anos e 6 Meses
VPL (R\$)	(0)

Fonte: elaboração própria.

4.3.1.4.4 Análise de sensibilidade dos parâmetros de maior impacto

Esta seção mostra a sensibilidade do resultado da implantação da tecnologia, representado pelo VPL, diante da variação dos parâmetros mais relevantes em relação ao Cenário do Proponente.

Os proponentes não informaram o investimento necessário para diferentes níveis de produção e por esse motivo não foi possível apresentar uma sensibilidade em relação ao volume de mostro processado. Contudo, sabendo-se que a capacidade máxima da versão apresentada é de 130 t/h foi feito um exercício, reduzindo-se este volume e mantendo-se todos os outros fatores constantes, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 112 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL a quantidade de mostro processado

Mostro processado t/hora	VPL (R\$ milhões)
79	1.080
86	2.052
94	3.024
101	3.995
108	4.967
115	5.939
123	6.910
130	7.882

Fonte: elaboração própria.

Estes resultados desmonstram que a tecnologia permite ganho de escala, visto que quanto maior o volume de mostro processado, maior o VPL do projeto.

Em relação à sensibilidade dos valores de referência para os principais insumos e custos com a tecnologia, foi feito um teste de variação de +50% e -50% sobre os valores adotados no Cenário do Proponente. A tabela a seguir mostra a sensibilidade do VPL em relação a estas variações.

Tabela 113 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL à variação do preço dos insumos

Produtos	Valor base	Unidade	Δ -50%		Δ +50%	
			VPL (R\$ milhões)	Δ VPL (%)	VPL (R\$ milhões)	Δ VPL (%)
Etanol	1,20	R\$/l	7.352	-7,21	8.412	+6,30

Ácido sulfúrico	0,397	R\$/Kg	7.719	-2,11	8.045	+2,03
Antiespumante	10,70	R\$/Kg	7.827	-0,71	7.937	+0,70
Antibiótico	240,00	R\$/Kg	7.852	-0,38	7.912	+0,37
Dispersante	8,00	R\$/Kg	7.854	-0,35	7.909	+0,35
Custo industrial do vapor	7,20	R\$/t	6.815	-15,65	8.948	+11,92
Custo médio de transporte e aplicação da vinhaça	7,83	R\$/m3	1.045	-654,21	14.719	+46,45

Fonte: elaboração própria

A tabela acima fornece mais indicadores para as constatações mencionadas anteriormente, ou seja, o impacto mais relevante se dá pela redução do consumo de vapor e pela redução do volume da vinhaça. As duas tabelas abaixo cruzam o custo do vapor e transporte da vinhaça com a eficiência da tecnologia, ilustrando melhor a sensibilidade destes parâmetros.

Tabela 114 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL à variação do custo e redução do consumo de vapor

Eficiência ECO-FERM (%)	Redução consumo vapor (%)	Custo industrial do vapor (R\$)								
		3,000	4,125	5,25	6,375	7,500	8,625	9,750	10,875	12,000
60	26	269	467	665	857	1.049	1.242	1.434	1.626	1.818
65	29	1.075	1.285	1.495	1.705	1.915	2.124	2.334	2.544	2.754
70	31	1.870	2.097	2.325	2.552	2.780	3.007	3.235	3.462	3.690
75	33	2.665	2.910	3.155	3.400	3.645	3.890	4.135	4.380	4.625
80	35	3.459	3.722	3.985	4.247	4.510	4.773	5.036	5.298	5.561
85	37	4.254	4.534	4.815	5.095	5.375	5.656	5.936	6.216	6.497
90	40	5.048	5.346	5.644	5.942	6.240	6.538	6.836	7.135	7.433
95	42	5.843	6.159	6.474	6.790	7.106	7.421	7.737	8.053	8.368
100	44	6.638	6.971	7.304	7.638	7.971	8.304	8.637	8.971	9.304

Fonte: elaboração própria

Tabela 115 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL à variação do custo de transporte e redução do volume da vinhaça

Eficiência ECOFERM (%)	Redução volume vinhaça (%)	Custo industrial do vapor (R\$)								
		5,000	5,625	6,25	6,875	7,500	8,125	8,750	9,375	10,000
60	30	(2.109)	(1.928)	(645)	10	663	1.297	1.931	2.565	3.200
65	33	(1.913)	(619)	94	802	1.494	2.185	2.876	3.567	4.259
70	36	(712)	61	827	1.576	2.324	3.072	3.821	4.569	5.318
75	39	(91)	738	1.543	2.349	3.154	3.960	4.765	5.571	6.377
80	41	530	1.396	2.259	3.122	3.985	4.847	5.710	6.573	7.436
85	44	1.135	2.055	2.975	3.895	4.815	5.735	6.655	7.575	8.495
90	47	1.737	2.714	3.691	4.668	5.645	6.622	7.599	8.576	9.553
95	50	2.338	3.373	4.407	5.441	6.475	7.510	8.544	9.578	10.612
100	52	2.940	4.031	5.123	6.214	7.306	8.397	9.489	10.580	11.671

Fonte: elaboração própria

No caso do vapor, observa-se que, considerando-se os demais parâmetros do Cenário do Proponente como constantes, o VPL é positivo para todos os valores considerados. Como era esperado, o modelo é ainda mais sensível no que diz respeito à redução do volume da vinhaça, uma vez que ela tem maior impacto nos ganhos com a tecnologia.

Da forma como o modelo foi construído, todos os ganhos, exceto aumento da produção de álcool, dependem diretamente do teor alcoólico do vinho ao final do processo e da eficiência da ECOFERM. A tabela abaixo mostra a relevância do teor alcoólico no que diz respeito às vantagens econômicas da tecnologia, ou seja, apenas a partir de 11°GL os resultados ficam positivos nos maiores níveis de eficiência.

Tabela 116 - ECOFERM - Sensibilidade do VPL à variação do teor alcoólico do vinho e eficiência da tecnologia

Eficiência ECOFERM (%)	Teor alcoólico do vinho (°GL)									
	9,00	9,88	10,75	11,63	12,50	13,38	14,25	15,13	16,00	
60,00	(8.559)	(6.188)	(4.471)	(3.278)	(2.424)	(1.889)	(728)	94	998	
65,00	(8.278)	(5.736)	(3.967)	(2.780)	(1.973)	(844)	15	897	1.859	
70,00	(7.997)	(5.303)	(3.501)	(2.315)	(119)	(166)	755	1.684	2.719	
75,00	(7.716)	(4.889)	(3.068)	(1.946)	(526)	511	1.475	2.470	3.580	
80,00	(7.436)	(4.492)	(2.664)	(1.519)	82	1.171	2.196	3.257	4.440	
85,00	(7.155)	(4.113)	(2.286)	(629)	689	1.827	2.916	4.044	5.301	
90,00	(6.875)	(3.753)	(1.975)	(98)	1.278	2.484	3.636	4.830	6.161	
95,00	(6.595)	(3.411)	(1.924)	432	1.867	3.140	4.356	5.617	7.021	
100,00	(6.316)	(3.089)	(867)	953	2.457	3.796	5.076	6.403	7.882	

Fonte: elaboração própria

Todas as avaliações foram feitas considerando-se as taxas de desconto associadas à curva de juros para descapitalização dos fluxos. Para efeito de comparação, foi feita a sensibilidade do VPL em relação a uma taxa de desconto variando entre 4% e 12%. A tabela a seguir apresenta estes resultados.

Tabela 117 - Sensibilidade do VPL em relação ao Ke

Ke (%)	VPL (R\$ milhões)
4	9.781
5	9.079
6	8.437
7	7.850
8	7.311
9	6.817
10	6.362
11	5.944
12	5.558

Fonte: elaboração própria

4.3.1.5 Comentários gerais

As análises indicaram que a tecnologia tende a ser viável para configurações onde se consegue elevar a concentração do vinho acima de 11°GL, apesar de que outras fontes de ganho citadas não terem sido consideradas.

Nos níveis mais altos de concentração, a variação dos parâmetros de maior sensibilidade mostrou resultados positivos na maioria dos casos. O cenário de equilíbrio foi atingido sem considerar a venda

incremental de etanol, um teor alcoólico de 14°GL e eficiência de 70% da tecnologia. Lembrando que a eficiência foi um parâmetro criado para tornar mais conservadoras as estimativas de ganho indicadas pelos proponentes.

Salienta-se que a maioria das variáveis do modelo é inerente à tecnologia e foram utilizadas estimativas apresentadas pelo próprio proponente. Como não foi possível demonstrar ou validá-las, os resultados foram analisados por meio da sua sensibilidade. Portanto, reconhecendo-se a relevância destes parâmetros para conclusões sobre a viabilidade das tecnologias, sugere-se que os contratos de transferência estejam vinculados à performance da mesma. Tal prática ajudaria a resguardar as usinas de parte do risco pelo investimento, substanciando a política comercial com foco em resultados e na revisão de parâmetros, se necessário.

4.4 Produção Integrada à cadeia Sucroenergética de Bioprodutos a partir de Algas

4.4.1 See Algae Technology (SAT)

Devido à sua alta taxa de crescimento e reprodução, as algas são capazes de converter Dióxido de Carbono (CO₂) em biomassa com velocidade superior aos vegetais superiores. No SAT, as algas são produzidas em unidades industriais que simulam seu habitat natural: lagos e corpos hídricos. Este ambiente, conhecido como Fazendas de Algas, deve ser controlado para evitar contaminação do ecossistema criado, são inseridos nutrientes e CO₂ para as algas executarem a fotossíntese, além da luz (solar ou artificial) necessária para o processo.

Os Biocombustíveis de Algas podem ser definidos basicamente em duas plataformas, utilizando-se algas naturais ou geneticamente modificadas:

- Biodiesel de Algas: é produzido ao se extrair lipídeos (óleos) de algas e executar a transesterificação do óleo presente, da mesma forma com que se faz o biodiesel de soja tradicional.
- Bioetanol de Algas: Existem projetos onde as Fazendas de Algas são utilizadas para a produção de cianobactérias e microalgas geneticamente modificadas (GM) para produzir Bioetanol e outros combustíveis conhecidos como “Design Fuels”. Neste caso, o biocombustível é o único produto existente, sendo a biomassa GM das algas destruídas na própria fazenda (Biossegurança).

Uma vez que o CO₂ introduzido na Fazenda de Algas não pode ser obtido a partir do ar ambiente, este gás é separado de fontes estacionárias industriais, como usinas de etanol, fábricas diversas, usinas termoelétricas, processos químicos, etc.

4.4.1.1 Modelo Comercial

Em condições comerciais de projeto, a Fazenda de Algas pode ser implantada próxima a qualquer fonte estacionária de CO₂. Cada hectare de fazenda de algas consome anualmente cerca de 5.000 toneladas de CO₂, com subsequente aumento de escala da planta atingida através da simples adição de mais módulos em paralelo.

A fazenda é projetada para ser acoplada a unidades industriais já existentes, requerendo para sua operação uma infraestrutura geralmente já existente no local. O projeto requer a disponibilização de uma área útil de pelo menos 1 hectare para a instalação de placas solares coletoras.

4.4.1.2 Ganhos incrementais potenciais

Os principais produtos de algas comercializados hoje são:

- **Biocombustíveis:** A biomassa das algas é composta por até 50% de lipídeos (óleos e enzimas), o que confere grande poder calorífico. Estes óleos podem ser separados e convertidos em biodiesel. Ainda, pode-se obter Bioetanol de algas geneticamente modificadas (explicação abaixo).
- **Suplementos alimentares:** Também são extraídos da porção lipídica das algas naturais os chamados Ácidos Graxos Poliinsaturados, ou PUFA, conhecidos como Ômega-3, Ômega-6 e Ômega-9, e são usados na produção de alimentos funcionais ou mesmo tomado em cápsulas como suplementos.
- **Insumos farmacêuticos e cosméticos:** compostos bioativos e precursores de fármacos obtidos em algas são pesquisados. Substâncias com propriedades cosméticas são empregadas em fórmulas anti-celulite, emagrecedoras e anti-envelhecimento.
- **Ração animal:** criadores de gado, suínos, peixes/frutos do mar e aves podem adicionar algas como fonte de proteínas e outros nutrientes em sua ração. Ainda, a adição de algas na alimentação de ruminantes em geral é usada para aumentar imunidade e fertilidade, e também para ganho de peso.
- **Aquacultura:** devido a seu alto teor de proteínas e ácidos graxos poliinsaturados, algas são usadas como ração para crustáceos, moluscos e peixes.
- **Algas Geneticamente Modificadas:** Mais recentemente, no início do século 21, tecnologias de manipulação genética de microrganismos sinalizaram uma nova transformação do conceito de produção de algas em ambientes industriais controlados estabelecendo um novo paradigma. Com o sequenciamento do DNA de espécies de cianobactérias, conhecidas também como algas azuis ("blue green algae"), foram desenvolvidas técnicas de engenharia metabólica capazes de alterar as substâncias excretadas durante seu ciclo de vida. Das convencionais toxinas produzidas pelas cianobactérias convencionais, agora passou-se a obter o Bioetanol Combustível como resultado do metabolismo destas algas.

4.4.1.3 Premissas Econômicas

4.4.1.3.1 **Capex**

O levantamento do CAPEX foi baseado em informações dadas pelo proponente da tecnologia. Hoje, cerca de 50% dos equipamentos necessários para sua implementação não são produzidos pela indústria nacional, o que leva à necessidade de importação desses equipamentos. A empresa busca, junto a parceiros locais, aumentar a parcela de equipamentos nacionais para 70% dentro dos próximos anos. A descrição dos investimentos necessários pode ser analisada na tabela abaixo.

O modelo de avaliação financeira elaborado irá compreender dois cenários de investimentos. O primeiro será de uma produção com menor escala, com apenas 1 (um) hectare, denominado também como um módulo, e o segundo com uma escala maior de produção, com 10 (dez) hectares. Uma das características da tecnologia SAT é a flexibilidade de se obter plantas de diversos tamanhos conforme a demanda a partir da reprodução dos módulos. É importante ressaltar que devido às economias de escala observadas nessa tecnologia, o preço de compra de alguns equipamentos e de alguns custos serão relativamente menores na planta de 10 módulos.

4.4.1.4 Avaliação Econômica

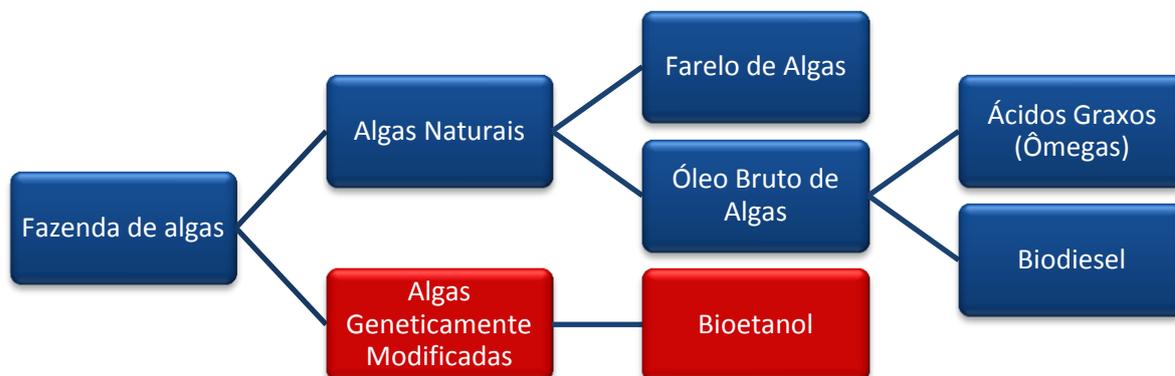
4.4.1.4.1 **Construção do Modelo**

O modelo de avaliação econômica foi constituído a fim de entender os resultados obtidos pela implantação da fazenda de algas em diferentes escalas, tomando como base de comparação os parâmetros obtidos a partir de uma planta de um módulo (um hectare).

Como pode ser observado na figura abaixo, os produtos obtidos a partir da criação de algas irão variar conforme a espécie cultivada. A escolha pela criação de algas naturais ou algas geneticamente modificadas deve ser feita antes da construção da fazenda, não sendo possível que se alterem essas configurações posteriormente, apesar do processo produtivo ser, em sua maior parte, similar nos dois casos. Entretanto, é possível se obter uma configuração mista, onde parte da fazenda produza algas naturais, e a outra, geneticamente modificadas.

Para efeito de simplificação da modelagem, foi escolhida, em comum acordo com a empresa proponente da tecnologia, uma configuração de fazenda de algas que produza somente algas naturais, e que produza então farelo de algas, ácidos graxos (ômega) e biodiesel, visto que estes possuem maior valor agregado no mercado.

Figura 6 - Produtos da Fazenda de Algas



4.4.1.4.2 Principais parâmetros

A receita obtida com a venda dos produtos da fazenda de alga varia conforme os preços que estiverem sendo praticados no mercado. Para estimar o preço do Farelo de Alga, foi utilizado como parâmetro o preço do farelo da soja devido à similaridade da composição proteica existente entre os dois produtos. Segundo o proponente, o Farelo de Alga possui uma composição ainda mais rica do que o da soja, podendo assim ser comercializado por um preço superior, contudo, por conservadorismo, foi adotado o mesmo preço. O preço dos Ácidos Graxos foi obtido tomando em consideração o preço de compra do Ômega 3 no mercado e o do Biodiesel de Alga, obtido com o preço do Diesel.

Tanto o Farelo de Alga quanto os Ácidos Graxos são comercializados no mercado externo. Dessa forma, seus preços são cotados em moedas estrangeiras. A taxa de câmbio adotada no modelo para a conversão desses valores foi a de fechamento do dia 13/05/2013.

Tabela 118 - Dados de Mercado

1. Dados de mercado	Valor	Unidade	Fonte
Preço do Farelo de Alga	400	U\$/t	SAT
Preço de Ácidos Graxos	2250	€/ton	SAT
Preço do Biodiesel de Alga	2,3	R\$/L	SAT
Taxa de câmbio do Dólar	1,996	R\$/U\$	
Taxa de câmbio do Euro	2,615	R\$/Euro	

Fonte: Elaboração Própria

Foram adotados como parâmetros base do modelo aqueles referentes a uma fazenda de 10 (dez) hectares, ou 10 (dez) módulos. A fazenda, segundo o proponente da tecnologia, terá cerca de 340 dias de operação por ano. Esse valor se deve ao fato de que no Brasil a incidência de sol é suficiente para manter a planta em funcionamento inclusive no inverno. Os dias que nos quais a usina não estão em operação são dessa forma devido a possíveis manutenções necessárias e períodos de reciclagem da biomassa de algas dentro da fazenda. Fatores que podem influenciar a produção são basicamente a indisponibilidade de CO₂ e outras matérias-primas ou utilidades.

Uma fazenda de um hectare é capaz de produzir 2.500 toneladas de biomassa de alga, segundo o proponente. Isso é equivalente a 7,35 toneladas por dia. Essa biomassa será a base de toda a produção da fazenda. Praticamente metade dessa biomassa é composta por óleo bruto e a outra metade é uma composição proteica que dará origem ao farelo. O óleo bruto será processado para produzir Ácidos Graxos (ômega), ou Biodiesel.

Existe uma flexibilidade na composição do processamento do óleo bruto. Esta composição pode chegar até cerca de 80% de Ácidos Graxos e, conseqüentemente, 20% de Biodiesel, ou o contrário, 80% de Biodiesel e 20% de Ácidos Graxos. Atualmente, devido o seu maior valor de mercado, a produção de Ácidos Graxos é mais favorável em relação à produção de Biodiesel. Contudo, no cenário base, consideramos uma composição igualitária entre os dois produtos.

Tabela 119 - Produção da fazenda de algas

2. Produção da fazenda de algas	Valor	Unidade	Fonte
2.1. Premissas			
Tamanho da Planta (hectares)	10	tcp/hora	SAT
Dias de operação	340	dias/ano	SAT
2.2. Produção safra			
Produção de biomassa por hectare	2.500	t/hec.ano	SAT
Produção de biomassa por hectare por dia	7,35	t/hec.dia	SAT
Produção total de biomassa	25.000	t/ano	SAT
Produção de Farelo de Alga	12.500	t/ano	SAT
Produção de Óleo Bruto de Alga	12.500	t/ano	SAT
% Vendida de Óleo Bruto de Alga	0	%	SAT
% de Óleo para produção de Ácidos Graxos	50	%	SAT
% de Óleo para produção de Biodiesel	50	%	SAT
Produção de Ácidos Graxos	6.250	t/ano	SAT
Taxa de Prod. De Biodiesel	1.111,11	l/t de óleo	SAT
Produção de Biodiesel	6.944.438	l/ano	SAT

Fonte: Elaboração Própria

As despesas foram divididas entre operacionais e administrativas. Para o cálculo das despesas operacionais, foi necessário levantar o consumo de cada insumo por hectare ao ano e também o seu custo financeiro. As despesas administrativas foram estimadas pela própria empresa proponente da tecnologia.

Na tabela abaixo é apresentado um resumo do CAPEX do projeto estratificado por categoria. Segundo a proponente da tecnologia o período gasto para construção da fazenda, ou seja, para ela entrar em operação, são de cerca de dois anos. Foi considerado no modelo que a construção da planta seria iniciada em janeiro de 2013, o que levaria a um início de operação no dia 01/01/2015. Somente a partir dessa data a fazenda passará a obter receita e terá despesas operacionais, comerciais e administrativas.

Tabela 120 – Tabela Resumo do CAPEX

4. CAPEX	Valor	Unidade
Máquinas	123.240.129	R\$
Obras Cíveis	25.166.368	R\$
Terceiros	19.626.477	R\$
Tempo de construção	2	Anos
Início de Operação	01/jan/15	Anos

Fonte: SAT

A Tabela 121 mostra a carga tributária considerada no modelo. O ICMS utilizado corresponde ao que é pago na planta demonstrativa da See Algae em Pernambuco. Existe um movimento da empresa frente ao governo para a isenção deste imposto sobre seus produtos.

Tabela 121 - Carga Tributária SAT

5. Carga tributária	Valor	Unidade
5.1. Impostos sobre a receita		
COFINS	7,6%	%
PIS	1,65%	%
ICMS	17,00%	%
5.2. Impostos sobre o lucro real		
IRPJ	25%	%
CSLL	9%	%

Fonte: SAT

Como mostrado anteriormente na análise do CAPEX, atualmente cerca de 50% do gasto com equipamentos é feito com empresas estrangeiras, ou seja, os equipamentos são importados. Isso acaba impossibilitando algumas das linhas de financiamento disponibilizadas pelo BNDES. Dessa forma, utilizamos em nosso modelo, por conservadorismo, a linha “Capacidade produtiva – Importação de Equipamentos – CP Importação”. Os parâmetros desta linha de financiamento podem ser observados na tabela abaixo.

Como pode ser analisado, esta linha de financiamento possui condições menos favoráveis do que as que foram utilizadas nos modelos das outras tecnologias. Contudo, a proponente da tecnologia afirma que existe um movimento para aumentar a participação de equipamentos nacionais o que permitiria o acesso a linhas de financiamento mais vantajosas. Além disso, ela ainda afirma que existem negociações junto à FINEP que permitiriam a obtenção de linhas de financiamento com condições melhores.

Apesar de ter sido utilizada esta linha de financiamento, outros mecanismos poderiam ser utilizados para melhorar a forma de captação de recursos para o projeto, como a utilização de mais linhas de financiamento diversificadas. Contudo, esses mecanismos não foram abordados no modelo para manter um cenário conservador. De qualquer modo, posteriormente serão feitas análises de sensibilidade com parâmetros diferentes para que novos cenários possam ser analisados.

Tabela 122 - Financiamento

6. Financiamento	Valor	Unidade
Percentual CAPEX financiado	60	% CAPEX
Taxa de referência	Nenhum	% a.a.
Spread	11,5	%
Modalidade	SAC	n/a
Carência	-	meses
Período de amortização	60	meses

Fonte: BNDES

4.4.1.4.3 Cálculo dos resultados

Conforme já descrito, as fontes de ganho da fazenda de alga são a venda dos seus produtos. No modelo foram considerados a venda de farelo de alga, ácidos graxos e biodiesel, que são os produtos provenientes das algas naturais. Foi assumido como premissa do modelo que toda a produção da fazenda será vendida.

As despesas operacionais do modelo são com os insumos para a produção, como uréia, fertilizante, reagentes químicos, sal e água, com eletricidade, com pessoal e com a manutenção dos equipamentos.

As despesas administrativas são dadas pelo aluguel, as despesas com telecom, seguro da planta e royalties. Além disso existem as despesas de comercialização e de marketing, que são classificadas como despesas comerciais.

Todas as projeções foram feitas em valores reais na data do investimento inicial. Os fluxos de depreciação e financiamento foram deflacionados, tornando-os reais.

O regime tributário utilizado foi o lucro real.

4.4.1.4.4 Análise dos cenários

4.4.1.4.4.1 Cenário Base

O cenário base foi composto pelos parâmetros detalhados nas seções anteriores. Ele possui um cunho conservador e os seus resultados podem ser observados nas tabelas abaixo.

Tabela 123 - SAT - Fluxo de caixa do Cenário Base

	2013	2014	2015	2016	2020	2025	Perpetuidade
DCF							
Receita Bruta	-	-	62.725.644	62.725.644	62.725.644	62.725.644	62.725.644
(-) Cofins	-	-	4.767.149	4.767.149	4.767.149	4.767.149	4.767.149
(-) Pis	-	-	1.034.973	1.034.973	1.034.973	1.034.973	1.034.973
(-) ICMS	-	-	10.663.359	10.663.359	10.663.359	10.663.359	10.663.359
ROL	-	-	46.260.162	46.260.162	46.260.162	46.260.162	46.260.162
(-) CMV	-	-	-	-	-	-	-
= Lucro Bruto	-	-	46.260.162	46.260.162	46.260.162	46.260.162	46.260.162
(-) Despesas Pré-Operacionais	769.500	2.700.000	-	-	-	-	-
(-) Despesas Operacionais	-	-	15.192.832	15.192.832	15.192.832	15.192.832	15.192.832
(-) Despesas Comerciais	-	-	1.159.368	1.159.368	1.159.368	1.159.368	1.159.368
(-) Despesas Administrativas	-	-	5.610.792	5.610.792	5.610.792	5.610.792	5.610.792
= EBITDA	769.500	2.700.000	24.297.170	24.297.170	24.297.170	24.297.170	24.297.170
(-) Depreciação	-	-	14.768.073	14.113.023	11.770.810	-	8.401.649
(-) Despesas Financeiras	1.449.642	4.864.026	3.618.534	2.088.457	-	-	-
= EBIT	2.219.142	7.564.026	5.910.564	8.095.690	12.526.360	24.297.170	15.895.522
(-) IR	-	-	1.477.641	2.023.922	3.131.590	6.074.293	3.973.880
(-) CSLL	-	-	531.951	728.612	1.127.372	2.186.745	1.430.597
= LL	2.219.142	7.564.026	3.900.972	5.343.155	8.267.398	16.036.132	10.491.044
(+) Depreciação	-	-	14.768.073	14.113.023	11.770.810	-	8.401.649
NCG	-	-	-	-	-	-	-
Valor Residual	-	-	-	-	-	-	-
(-) Investimentos	50.409.892	117.623.082	-	-	-	-	8.401.649
(+) Recebimento de Recursos	22.183.223	49.128.142	-	-	-	-	-
(-) Amortizações	14.441.574	13.698.295	12.997.720	12.355.413	-	-	-
= FCFE	44.887.385	89.757.260	5.671.325	7.100.765	20.038.208	16.036.132	141.187.601
= Saldo de Caixa	44.887.385	134.644.645	128.973.321	121.872.556	52.764.455	42.096.401	183.284.002
<i>Período a Descontar (anos)</i>	0,50	1,50	2,50	3,50	7,50	12,50	13,50
<i>Ke</i>	7,1%	7,8%	7,9%	7,7%	7,4%	7,6%	7,4%
<i>Fator de Desconto</i>	0,97	0,89	0,83	0,77	0,59	0,40	0,38
Valor Presente (FC)	43.381.744	80.151.499	4.690.603	5.480.912	11.724.054	6.412.750	53.650.053
Valor Presente (Saldo de Caixa)	43.381.744	123.533.243	118.842.640	113.361.728	69.030.623	24.233.406	29.416.647

Fonte: Elaboração própria

Tabela 124 - SAT – Indicadores do Cenário Base

Indicadores	Valores
TIR (% a.a.)	10,18
MTIR (% a.a.)	9,24
Payback	10 Anos e 8 Meses
VPL (R\$)	29.416.647

Como pode ser observado na Tabela 124, o modelo se apresenta viável economicamente, possuindo uma taxa interna de retorno de 10,18%, um VPL de R\$ 29.416.647 e um *payback* de 10 anos e 8 meses.

4.4.1.4.4.2 Cenário do Proponente

Como dito anteriormente, a empresa proponente da tecnologia possui um processo de negociação com a FINEP para a obtenção de linhas de financiamento mais vantajosas para seus projetos. As condições que, segundo a proponente, foram oferecidas pela FINEP podem ser observadas a na tabela a seguir. As principais diferenças são o percentual do CAPEX que é financiado, que passa de 60% para 80%, a diminuição do spread e o aumento do período de carência e de amortização. Além

disso, segundo a proponente, a linha oferecida pela FINEP financia todo o CAPEX e não só a aquisição de máquinas, como ocorre com o BNDES.

Tabela 125 - Financiamento FINEP

6. Financiamento	Valor	Unidade
Percentual CAPEX financiado	80	% CAPEX
Taxa de referência	Nenhum	% a.a.
Spread	4,00	%
Modalidade	SAC	n/a
Carência	36	meses
Período de amortização	84	meses

Fonte: SAT

Com a utilização de uma linha de financiamento com essas características, os resultados obtidos pela fazenda de algas de 10 hectares são os seguintes.

Tabela 126 - SAT - Fluxo de caixa do Cenário do Proponente

	2013	2014	2015	2016	2020	2025	Perpetuidade
DCF							
Receita Bruta	-	-	62.725.644	62.725.644	62.725.644	62.725.644	62.725.644
(-) Cofins	-	-	4.767.149	4.767.149	4.767.149	4.767.149	4.767.149
(-) Pis	-	-	1.034.973	1.034.973	1.034.973	1.034.973	1.034.973
(-) ICMS	-	-	10.663.359	10.663.359	10.663.359	10.663.359	10.663.359
ROL	-	-	46.260.162	46.260.162	46.260.162	46.260.162	46.260.162
(-) CMV	-	-	-	-	-	-	-
= Lucro Bruto	-	-	46.260.162	46.260.162	46.260.162	46.260.162	46.260.162
(-) Despesas Pré-Operacionais	-	769.500	2.700.000	-	-	-	-
(-) Despesas Operacionais	-	-	-	15.192.832	15.192.832	15.192.832	15.192.832
(-) Despesas Comerciais	-	-	-	1.159.368	1.159.368	1.159.368	1.159.368
(-) Despesas Administrativas	-	-	-	5.610.792	5.610.792	5.610.792	5.610.792
= EBITDA	-	769.500	2.700.000	24.297.170	24.297.170	24.297.170	24.297.170
(-) Depreciação	-	-	-	14.768.073	14.113.023	11.770.810	8.401.649
(-) Despesas Financeiras	-	1.415.055	4.599.126	4.641.343	4.125.703	1.323.972	0
= EBIT	-	2.184.555	7.299.126	4.887.754	6.058.444	11.202.388	24.297.170
(-) IR	-	-	-	1.221.939	1.514.611	2.800.597	6.074.293
(-) CSLL	-	-	-	439.898	545.260	1.008.215	2.186.745
= LL	-	2.184.555	7.299.126	3.225.918	3.998.573	7.393.576	16.036.132
(+) Depreciação	-	-	-	14.768.073	14.113.023	11.770.810	8.401.649
NCG	-	-	-	-	-	-	-
Valor Residual	-	-	-	-	-	-	-
(-) Investimentos	-	50.409.892	117.623.082	-	-	-	8.401.649
(+) Recebimento de Recursos	-	40.327.914	89.312.336	-	-	-	-
(-) Amortizações	-	-	-	-	16.043.915	13.239.278	-
= FCFE	-	12.266.534	35.609.871	17.993.991	2.067.681	5.925.109	16.036.132
= Saldo de Caixa	-	12.266.534	47.876.405	29.882.415	27.814.733	9.496.329	59.983.544
Período a Descontar (anos)	0,50	1,50	2,50	3,50	7,50	12,50	13,50
Ke	6,5%	7,3%	7,3%	7,1%	6,8%	7,0%	6,9%
Fator de Desconto	0,97	0,90	0,84	0,79	0,61	0,43	0,41
Valor Presente (FC)	-	11.886.321	32.050.817	15.079.254	1.625.621	3.605.932	6.847.754
Valor Presente (Saldo de Caixa)	-	11.886.321	43.937.139	28.857.885	27.232.264	15.091.831	18.278.284

Fonte: Elaboração própria

Tabela 127 - SAT - Indicadores com financiamento FINEP

Indicadores	Valores
TIR (% a.a.)	21,25
MTIR (% a.a.)	15,96
Payback	9 Anos e 4 Meses
VPL (R\$)	80.586.865

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que os resultados apresentados com uma linha de financiamento mais vantajosa são superiores. Isso se deve ao fato do investimento inicial ser bastante expressivo no fluxo de caixa.

Na Tabela 128 foi feita uma análise de sensibilidade baseada nos parâmetros de financiamento propostos pela empresa. Para tanto, foram variados o tamanho da planta e a produtividade de cada hectare de fazenda para se verificar o resultado do modelo, que pode ser expresso pelo VPL. Observa-se que tanto o tamanho da planta como a produtividade possuem uma relação positiva com o resultado e que, na maioria dos cenários, a fazenda de alga se mostra viável.

Outras análises de sensibilidade serão feitas e explicadas na seção seguinte, mas tendo como plano de fundo o cenário base, e não o cenário do proponente.

Tabela 128- SAT - Análise de sensibilidade do modelo do proponente

Resultados - Sensibilidade VPL (R\$ milhares)

	Tamanho da Planta (hectares)									
	1	2	3	4	5	10	15	25	50	
6,35	6.217	3.624	6.305	11.934	9.538	31.137	52.307	91.126	191.694	
6,60	4.886	3.221	6.360	10.222	15.993	43.669	70.973	122.177	253.590	
6,85	3.651	3.469	10.179	15.265	22.213	55.927	89.360	152.821	314.879	
7,10	2.555	6.000	13.856	20.169	28.342	68.185	107.747	183.466	376.169	
7,35	1.736	8.451	17.533	25.072	34.471	80.443	126.134	214.111	437.458	
7,60	1.716	10.903	21.211	29.975	40.600	92.701	144.520	244.755	498.747	
7,85	1.980	13.355	24.888	34.878	46.729	104.958	162.907	275.400	560.037	
8,10	3.205	15.806	28.565	39.781	52.858	117.216	181.294	306.045	621.326	
8,35	4.431	18.258	32.243	44.684	58.987	129.474	199.681	336.689	682.615	

Fonte: Elaboração própria

4.4.1.4.5 Análise de Sensibilidade

As análises de sensibilidade feitas possuem o objetivo de mostrar como o resultado do modelo, que será representado pelo VPL, seria afetado ao se variar os parâmetros de maior impacto. Aqueles parâmetros que não estiverem sofrendo a análise são mantidos constantes em relação ao cenário base.

A tabela abaixo mostra que a fazenda de algas apresenta ganhos de escala. Dessa forma, quanto maior o seu tamanho, maior será o VPL. Isso não se dá pelo aumento da produtividade em si de cada módulo. Alguns equipamentos podem ser utilizados por mais de um módulo, e dessa fórmula, o investimento de cada módulo é proporcionalmente menor à medida que se aumento o tamanho da

fazenda. Como o projeto apresenta um investimento inicial elevado, esse ganho pode ser sentido através do VPL.

Tabela 129 - SAT - VPL por hectare

Tamanho da Planta (hectares)	VPL (R\$)	VPL por hectare (R\$/hectare)
1	- 5.376	- 5.376
4	4.419	1.105
7	15.964	2.281
10	29.284	2.928
13	40.534	3.118
16	51.783	3.236
19	63.033	3.318
22	74.282	3.376
25	85.532	3.421

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 130 nos mostra a sensibilidade do VPL em relação à produção de biomassa por hectare e ao tamanho da planta. Através de análises, pode-se observar que a variável mais sensível de todo o modelo é o da produtividade por hectare. A proponente afirma que após a instalação da fazenda de algas é feita um acompanhamento da produção para que o nível de produtividade esperado, que é de 2.500 toneladas de biomassa por ano por hectare, seja alcançado.

Tabela 130 - SAT - Sensibilidade do VPL em relação à produtividade e ao tamanho da planta

Resultados - Sensibilidade VPL (R\$ milhares)

	Tamanho da Planta (hectares)									
	1	2	3	4	5	10	15	25	50	
6,35	- 10.263	- 10.991	- 11.651	- 13.771	- 14.067	- 15.765	- 18.498	- 27.091	- 45.446	
6,60	- 8.983	- 8.615	- 8.148	- 9.100	- 8.302	- 4.503	- 1.604	1.065	10.866	
6,85	- 7.753	- 6.280	- 4.750	- 4.591	- 2.671	6.760	15.289	29.221	67.177	
7,10	- 6.547	- 4.023	- 1.371	- 86	2.961	18.022	32.183	57.376	123.488	
7,35	- 5.376	- 1.771	2.008	4.419	8.592	29.284	49.076	85.532	179.800	
7,60	- 4.226	482	5.386	8.924	14.223	40.546	65.970	113.688	236.111	
7,85	- 3.099	2.734	8.765	13.429	19.854	51.809	82.863	141.843	292.423	
8,10	- 1.973	4.987	12.144	17.934	25.485	63.071	99.756	169.999	348.734	
8,35	- 847	7.239	15.522	22.439	31.116	74.333	116.650	198.155	405.046	

Fonte: Elaboração própria

Através da análise da tabela abaixo, fica claro que a produção de ácidos graxos a partir do óleo bruto das algas é consideravelmente mais vantajosa para a fazenda do que a produção de biodiesel. Seria necessário que o preço do biodiesel mais do que dobrasse, passando de R\$ 2,30 para R\$ 5,45 o litro para que fosse preferível possuir uma fazenda focada na produção de biodiesel ao invés de ser focada em ácidos graxos.

Tabela 131 - SAT - Sensibilidade do VPL em relação ao preço do biodiesel e a % de Ácidos graxos

Resultados - Sensibilidade VPL (R\$ milhares)

		% de Óleo para produção de Ácidos Graxos								
		20,0	27,5	35,0	42,5	50,0	57,5	65,0	72,5	80,0
Preço do Biodiesel de Alga (R\$/L)	1,85	- 74.728	- 51.554	- 29.753	- 8.829	11.615	32.059	52.504	72.948	93.392
	2,30	- 42.909	- 24.187	- 6.131	11.643	29.417	47.191	64.964	82.738	100.512
	2,75	- 13.197	1.907	17.011	32.114	47.218	62.322	77.425	92.529	107.633
	3,20	15.285	27.719	40.152	52.586	65.019	77.453	89.886	102.320	114.753
	3,65	43.767	53.531	63.294	73.057	82.821	92.584	102.347	112.111	121.874
	4,10	72.249	79.343	86.436	93.529	100.622	107.715	114.808	121.901	128.994
	4,55	100.732	105.154	109.577	114.000	118.423	122.846	127.269	131.692	136.115
	5,00	129.214	130.966	132.719	134.472	136.225	137.977	139.730	141.483	143.235
	5,45	157.696	156.778	155.861	154.943	154.026	153.108	152.191	151.273	150.356

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 132 mostra a análise de sensibilidade do VPL quando se varia o Ke e a porcentagem do CAPEX que é financiado com capital de terceiros. Como pode ser observado, o projeto só é viável com um Ke abaixo de 10%. Além disso, o percentual do CAPEX financiado influencia positivamente o resultado do projeto, mas a alavancagem não é suficiente para viabilizar o projeto.

Tabela 132 - SAT - Sensibilidade do VPL em relação ao Ke e ao percentual do CAPEX financiado

Resultados - Sensibilidade VPL (R\$ milhares)

		Percentual CAPEX financiado (%)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
Ke (%)	5,00	100.953	100.876	100.799	100.722	100.644	100.567	100.490	100.413	100.336
	6,00	64.257	64.293	64.328	64.364	64.399	64.435	64.470	64.506	64.541
	7,00	37.784	37.926	38.068	38.210	38.352	38.494	38.636	38.778	38.921
	8,00	17.763	18.006	18.249	18.492	18.735	18.978	19.221	19.464	19.706
	9,00	2.095	2.433	2.771	3.109	3.447	3.786	4.124	4.462	4.800
	10,00	- 10.489	- 10.061	- 9.633	- 9.205	- 8.776	- 8.348	- 7.920	- 7.492	- 7.063
	11,00	- 20.801	- 20.287	- 19.774	- 19.260	- 18.747	- 18.233	- 17.720	- 17.206	- 16.693
	12,00	- 29.383	- 28.789	- 28.195	- 27.601	- 27.007	- 26.413	- 25.819	- 25.225	- 24.630
	13,00	- 36.618	- 35.947	- 35.277	- 34.607	- 33.936	- 33.266	- 32.595	- 31.925	- 31.255

Fonte: Elaboração própria

4.4.1.5 Comentários Gerais

A tecnologia SAT apresentou resultados que indicam a sua viabilidade de implantação na maioria dos cenários analisados. Observa-se que a variável que se mostrou mais sensível no modelo foi a produção de biomassa por hectare.

O proponente indica no seu modelo de negócio o acompanhamento e assessoria permanentes até que o cliente atinja um nível de produtividade próximo de 2.500 toneladas de biomassa por hectare por ano (7,35 t/hec dia). A análise de sensibilidade acima mostrou que a tecnologia é viável neste nível de produção para plantas com mais de 2 hectares.

Um fator fundamental para a viabilidade desta tecnologia é a incidência de luz solar durante o ano, quando maior e por mais tempo melhor. A maior parte do território brasileiro se situa numa zona de clima tropical, por esse motivo, a SAT poderia ser instalado em qualquer região, mas são evidentes

as vantagens que o Nordeste brasileiro oferece para receber uma planta da SAT. É importante mencionar que isso não significa que este seja o único local no qual a tecnologia é viável.

4.5 Vários Grupos de Aplicação

4.5.1 Usina Sustentável Dedini

4.5.1.1 Introdução

A Usina Sustentável Dedini (USD) consiste em uma planta otimizada que abrange a atividade industrial do setor sucroalcooleiro/energético, desenhada para ter alta sinergia com a sua atividade agrícola e que pode ser customizada para atender a qualquer tipo de produto final derivado, não só, do aproveitamento integral da cana de açúcar, mas também, de outras atividades agrícolas efetuadas em rodízio com a cana e/ou complementares que venham a ser requeridas. As atividades complementares, apesar de não serem usualmente utilizadas na atualidade, podem apresentar grande vantagem econômica e/ou de sustentabilidade, como por exemplo: produção de ração animal, produção em estufas de alta tecnologia, produção de algas / biodiesel / proteína, etc.

A visão holística da USD proporciona a integração das atividades industriais com as agrícolas e, conseqüentemente a minimização dos custos e a maximização do aproveitamento da área plantada e das substâncias que compõem a cana de açúcar.

O projeto de Usina Sustentável proposto pela Dedini compreende diversas tecnologias que possibilitam a produção dos 6 (seis) bioprodutos da indústria sucroalcooleira: bioaçúcar, bioetanol, bioeletricidade, biodiesel, biofertilizante e bioágua, em um projeto integrado, objetivando minimizar emissões e, ao mesmo tempo, maximizando o efeito mitigador do etanol, quanto aos gases de efeito estufa.

A USD sintetiza todas as tecnologias desenvolvidas ao longo dos anos pela empresa Dedini para maximizar a produção de açúcar (VHP) e etanol (anidro, hidratado e neutro) e o uso de caldeiras de alta pressão, secadores e outros equipamentos. Há incorporação da produção do biodiesel à usina, com melhor aproveitamento da área da lavoura com o uso de outras culturas energéticas de ciclo curto nas áreas de renovação do canavial e reutilizando, de forma sustentável, os subprodutos desses processos:

- Vinhaça concentrada, torta de filtro e cinzas de caldeira para produção do biofertilizante organo-mineral;
- Produção de biogás por biodigestão;
- Reúso da água evaporada da vinhaça, principalmente para a lavagem da cana, embebição do caldo, diluição do mosto e alimentação da caldeira;
- Limpeza da cana proveniente da lavoura para separação das impurezas minerais e vegetais;

- Queima do bagaço e da palha para a produção de bioeletricidade com a adaptação da caldeira da usina para operar com os dois tipos de combustíveis;
- Produção de leveduras secas;
- Produção do biodiesel a partir das rotas metílicas e/ou etílicas;
- Farelo da oleaginosa, utilizada como a matéria-prima para a produção do biodiesel;
- Glicerina bruta, purificada ou farmacêutica e;
- Lecitina e/ou ácidos graxos.

Destaca-se que o bioetanol produzido pela USD, segundo o proponente, tem um efeito mitigador de GEE – Gás do efeito Estufa - de 132% (cento e trinta e dois por cento), utilizando 50% (cinquenta por cento) da palha como fonte energética, enquanto que o produzido pela usina tradicional possui 89% (oitenta e nove por cento) de mitigação.

4.5.1.2 Modelo Comercial

Em termos de mercado potencial, a Dedini indica o mercado nacional para instalação da usina completa de médio a grande porte, com investimento de R\$ 390 milhões e necessidade mínima de produção de 2 milhões de toneladas de cana por safra. Aponta, ainda, o mercado externo como potencial consumidor de usinas de pequeno a médio porte com necessidade mínima de produção de 500 mil toneladas de cana por safra.

Segundo o Proponente, as projeções futuras para 2020 a 2025, efetuadas não só pelo mercado, como pelo governo brasileiro, indicam um mercado potencial acima de 80 usinas para a adaptação das tecnologias da USD nos próximos 10 anos, com base em parâmetros conservadores. Ainda de acordo com a Dedini, devido à quase inexistência da concorrência de mesmo nível, estima-se que o mercado de novas USDs seja de, pelo menos, 20 plantas na próxima década.

Os recursos humanos para o desenvolvimento dos projetos de interligação e otimização harmônica das tecnologias da USD serão providos pelo quadro de funcionários da Dedini. Havendo necessidade de consultorias externas, as mesmas serão contratadas e disponibilizadas pela Dedini.

4.5.1.3 Ganhos Incrementais Potenciais

Comparando-se a USD com a Usina Tradicional, a Dedini lista os seguintes benefícios:

- a) otimiza os processos de produção, aumentando os rendimentos e eficiências, melhorando a produção de bioaçúcar e bioetanol por tonelada de cana. Dessa forma, maior quantidade de etanol substitui a gasolina, reduzindo ainda mais as emissões de GEE;
- b) otimiza o aproveitamento energético da cana de açúcar, melhorando a produção de bioeletricidade, a ser fornecida à rede de distribuição, inclusive pelo uso do palhicho da cana (ou seja, o resíduo agrí-

cola composto de: pontas, folhas e palha) como fonte de energia. Com o maior fornecimento de energia de fonte renovável, evita-se o uso de combustível fóssil, diminuindo -se as emissões;

c) inclui a produção de biodiesel integrada à usina, com integração agrícola (produção de soja, por exemplo, em rotação com a cana) e industrial (planta de biodiesel integrada à usina, com o uso do óleo vegetal proveniente da soja, da bioenergia renovável do bagaço e do bioetanol de produção própria, possibilitando assim um biodiesel 100% (cem por cento) "verde", quando tradicionalmente, como 2ª matéria prima é utilizado o metanol de origem fóssil). Obtêm-se o biodiesel etílico, utilizado na frota própria da lavoura, e para a venda a terceiros como um novo negócio; e em ambos os casos substitui o diesel de origem fóssil, evitando-se emissões;

d) utiliza todos os resíduos do processo como matéria-prima para o BIOFOM - Biofertilizante Organomineral, que substitui no mínimo 70% (setenta por cento) dos fertilizantes químicos, reduzindo-se as emissões;

e) a usina fica autossuficiente em água, somente utilizando e reciclando a água contida na cana e sem demandar captação em mananciais, gerando inclusive excedente a ser exportado, a bioágua. Ressalte-se que uma usina típica consome 23 litros de água de mananciais por litro de etanol produzido, enquanto que a USD exporta 3,7 litros; f) a USD incorpora os mais avançados conceitos de higiene e segurança do trabalho;

g) considerando-se todos os itens anteriores, elevam-se os resultados econômicos, ao mesmo tempo em que se otimiza o atendimento dos 3 (três) pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental.

Além disso, a USD poderá gerar uma série de novos produtos, todos eles em sinergia com a atividade agrícola de produção de cana e/ou aumentando a mitigação de emissões. Os exemplos mais comuns e até já existentes no mercado são: (a) proteínas de leveduras para ração animal; (b) bicarbonatos para uso químico ou alimentar; (c) açúcar branco obtido diretamente do caldo com um único estágio de cristalização (DRD Dedini); (d) volume de bagaço para ração de bovinos; (e) fertilizante organomineral (últimas etapas da USD - BIOFOM); (f) Etileno para produção de elastômeros (Brasken e DOW); (g) especialidades químicas obtidas da bioconversão de açúcares; (h) etanol celulósico.

Os investimentos para produção de cada uma destas alternativas pode variar entre R\$ 3 milhões (caso de ração animal) até próximo a R\$ 1 bilhão (caso de planta de polietileno), nestes casos cada projeto deve ser tratado independentemente e com um estudo de viabilidade específico e que inclua as necessárias adaptações na USD.

Na maioria dos casos, a adição de um produto não implica na eliminação de outro, como é o caso da produção de eletricidade e de etanol celulósico, onde a USD integrada a uma unidade de etanol celulósico, teria como produto final: etanol 1ª G, etanol 2ª G e bioeletricidade para exportação, o que poderá dar maior flexibilidade para administração do "mix" de produtos em função do mercado comprador.

4.5.1.4 Estudo Apresentado pelo Proponente

4.5.1.4.1 **Ganhos Gerados pela USD**

A tabela a seguir compara os principais parâmetros econômico-financeiros da USD em relação a uma usina tradicional. Ressalta-se que não foi considerado o uso do sorgo como extensão de safra e/ou produção adicional de etanol por safra e que os valores apresentados são referentes à data base de 2011 e não incluem impostos.

Tabela 133 - Principais Parâmetros Econômico-Financeiros

Descritivo da Tecnologia	Tradicional	USD	Observação
Capacidade moagem	2.000.000	2.000.000	tc / safra
Dias Úteis de Operação	190	250	Dias
Produção de Etanol	172.900.000	179.500.000	Litros / safra
Valor de Venda etanol anidro	1,30	1,30	R\$/litro s/imp.
Energia Disponib. Venda	31,60	47,80	MWh
Fator Disponibilidade	0,60	0,75	Conservador
Venda Eletricidade/Safra	90.781	215.100	MWh
Valor de Venda Eletricidade	116,00	116,00	R\$/MWh s/imp.
Produção de Creme levedu	Nulo	6,90	Kg/ton. Cana
Valor de Venda Leveduras	Nulo	95,00	R\$/ton. Cana
Custo Operacional Etanol	0,20	0,17	R\$/litro s/ imp.
Custo Operacional Eletric.	48,00	40,00	R\$/MWh s/imp.
Custo Investimento total	360.000.000	390.000.000	s/ impostos diretos
Custo Aquisição Cana	50,00	55,00	R\$ / tonelada Cana

Fonte: Dedini

O período médio de colheita no centro-sul do Brasil varia de ano para ano e de região para região, sendo que os valores médios praticados nas últimas safras indicam uma duração média de 240 dias (8 meses) de colheita de cana, sendo que neste período são perdidos 50 dias de operação por paradas climáticas.

Observa-se que o custo de aquisição da cana considerado no projeto da USD é 10% maior que na usina tradicional porque a palha é trazida junto com a cana, para ser queimada posteriormente e gerar energia elétrica.

A USD foi concebida para operar com o máximo aproveitamento da instalação industrial, o que foi conseguido por meio de um balanço dos fluxos de massa e de energia de forma integrada e maximizando o aproveitamento energético de baixo nível no processo de produção de etanol e o de alto nível para a produção de energia elétrica. Esta concepção aumentou o coeficiente de cogeração e, em consequência, a eficiência global do sistema.

Com base nisso, a Dedini considera que a USD irá operar como uma usina tradicional na etapa de extração, porém, sem interrupção durante toda a safra na fermentação / destilaria / geração de energia. Da mesma forma, o proponente considera que o fator de disponibilidade (FD) em relação à quantidade de energia calculada no balanço energético (EBD) da USD é de 75%, em decorrência de sua

estabilidade operacional, enquanto o de uma usina tradicional é de 60%. A tabela a seguir resume estes parâmetros.

Tabela 134 - Dias de Safra e Disponibilidade Energética

Descrição \ Usina	Tradicional	USD
Duração da colheita de Cana - dias	240	240
Dias Úteis de operação: Recepção/Extração	190	190
Dias Úteis de operação: Ferment./Destilaria	190	250
Dias Úteis de operação: Turbo gerador (DT)	200	260
Fator Disponibilidade Eletricidade (FD)	0,60	0,75

Fonte: Dedini

Em relação às perdas de açúcares e eficiência da conversão do etanol para efeito de valores de projeto e de balanço de massa / energia e por prudências de cálculo, a Dedini calculou os índices da USD considerando as eficiências usuais das usinas tradicionais, preservando o mesmo nível de “folgas” operacionais. O estudo do fluxo de caixa deve ser baseado em parâmetros de perdas e eficiências médias reais durante todo o período de safra, de forma que o caixa se aproxime ao máximo possível da realidade operacional. A tabela a seguir apresenta a comparação entre os valores de perdas e eficiência de uma usina tradicional e os da USD.

Tabela 135 - Perdas e Eficiência

Descrição	Tradicional	USD
Perda Lavagem / limpeza da cana	0,37%	0,35%
Perda no Bagaço	4,26%	3,00%
Perda na Torta	0,49%	0,49%
Perdas Indeterminadas	3,19%	2,60%
Eficiência da Fermentação	88,62%	91%
Eficiência da Destilação	99,71%	99,71%
Eficiência total em Relação ART cana	81,02%	84,88%

Fonte: Dedini

Em relação ao aproveitamento da palha, o conceito utilizado no projeto da USD é o recebimento da palha com a cana, o que não requererá alterações significativas nas operações de campo, exceto um aumento do tráfego do transporte da cana, o que é estimado em 13 a 18% a mais de viagens em relação a operação atual com aproximadamente 6% de impurezas vegetais. O custo do carregamento / transporte da cana, considerando-se uma distância média de 23 km, varia entre 7 a 9% do custo da cana recebida, logo o acréscimo esperado de custo da cana limpa é de 1,1 a 2,0%.

O acréscimo no custo da cana decorrente do maior número de viagens será compensado pela redução das perdas de cana no campo da ordem de 5 a 7%, ou seja, será transportado para o usina pelo menos 4 toneladas de cana limpa por hectare plantado, o que resultará em um impacto positivo no custo da cana limpa recebida, com uma redução real esperada de pelo menos 1 a 2% no custo total da cana recebida durante toda a safra. Este ganho é do fornecedor da cana, mas na maioria das usi-

nas 50% da cana é de fornecimento da própria usina, logo, o benefício reverte para a mesma, assim como outros ganhos na atividade agrícola, porém difíceis de mensuração, sem uma experiência em larga escala e sistematizada, como por exemplo:

- Menor consumo de combustível na colheitadeira, devido à redução de consumo de potência;
- Menor custo da atividade agrícola, em decorrência da menor quantidade de palha manuseada no campo (depende do local / solo);
- Ganhos de manutenção dos equipamentos industriais, mais adequados ao manuseio que os existentes nas usinas tradicionais;
- Ganhos de eficiência na extração / preparo do caldo / fermentação em decorrência de redução das impurezas no processo.

A tabela a seguir resume os principais produtos e respectivos ganhos financeiros advindos da operação da USD, considerando-se os valores informados pelo proponente, em questionário específico.

Tabela 136 - Produtos e Ganhos Provenientes da Operação da USD

Produto	Produção	Preço de Referência	Ganho por Safra*
Etanol anidro combustível (ANP)	718 m ³ /dia	R\$ 1.256,62/m ³	225.563.290
Bioeletricidade comercializada (ANEEL)	215.100 MWh/safra	R\$ 116,00/MWh	24.951.600
Creme de leveduras	85 toneladas/dia	R\$ 95,00/tonelada	2.018.750
Vinhaça Concentrada p/agricultura (50% sólidos)	560 toneladas/dia	R\$ 20,63/tonelada	2.888.200
Composto (torta / cinzas / 36% bagaço)	200 toneladas/dia	R\$ 5,40/ tonelada	270.000
Total			255.691.840

*Considerando-se a safra de 250 dias, sendo 24 horas por dia.

Fonte: *Elaboração própria, baseado em dados fornecidos pela Dedini.*

Nesse sentido, os principais ganhos provenientes da operação da Usina Sustentável Dedini, segundo informações da própria empresa, geram o montante aproximado de R\$ 255,7 milhões por safra.

4.5.1.4.2 Investimentos Necessários

Segundo o proponente, o investimento na USD completa com vida útil de 30 anos é de R\$ 390 milhões, pagos diretamente à Dedini e parcelado em 2 anos. Destaca-se que este valor é relativo à data base de 2011 e não abarca os impostos pertinentes. Esta estimativa considera uma configuração básica para processamento de 2 milhões de toneladas de cana por ano e fornecimento *turn key* em planta *Green Field*.. A tabela a seguir apresenta a abertura dos investimentos supracitados.

Tabela 137 - Abertura Analítica dos Investimentos

Descrição	Custo Previsto*
Acordo com um Parceiro	Custo pela Dedini
Detalhamento do PDT com os Parceiros	300.000
Análise de Viabilidade Detalhada	20.000
Projeto de Implantação/Licenças	5.000.000
Projeto Básico Detalhado da USD	11.000.000
Fabricação dos Equipamentos	290.000.000

Montagem Eletromecânica	70.000.000
Assistência / Partida / Comissionamento	2.000.000
Acompanhamento da Safra	600.000
Diversos	11.080.000
Total	390.000.000

* Data base de 2011, sem impostos.

Fonte: Dedini.

A este investimento, somam-se os valores para legalização da empresa e licenças, estimados em R\$ 4 milhões e parcelados em 12 meses. A área de produção informada pela Dedini foi de 50 hectares e o custo por hectare da região Centro-Sul de R\$ 10.000,00, o que gera R\$ 500.000,00 de investimento para a compra do terreno, além de R\$ 35 milhões em projetos e obras civis.

Em suma, segundo o proponente, estima-se um investimento total de aproximadamente R\$ 429,5 milhões.

Ressalta-se que a área indicada já inclui áreas de expansão futura e/ou integração com outras plantas para produção de subprodutos e que os valores do custo das obras civis variam de local para local, variando entre 7 a 12% do investimento da planta *turn-key*.

Observa-se que estes valores informados pelo proponente não consideram impostos diretos e indiretos, excluem também os investimentos agrícolas e em logística e estão na base temporal da safra 2011/12.

Destaca-se, ainda, que a interligação do sistema gerador da usina à rede de distribuição nacional não foi considerada. Este custo afetaria o investimento inicial do projeto, porém é de difícil quantificação e o seu montante será praticamente igual ao de uma usina tradicional.

4.5.1.4.3 Custos Operacionais e Despesas

Como pode ser observado na Tabela 133, na USD foi considerado um custo adicional da cana de 10% para compensar o transporte da palha em conjunto com a cana, em proporção que não altere significativamente a logística de transporte e colheita.

A principal matéria-prima da USD é a cana de açúcar, que tem valor de referência de R\$ 55,00 por tonelada. A capacidade de processamento é de 12.600 toneladas de cana por dia, o que representa um custo diário de R\$ 693.000,00 e, considerando-se 190 dias de safra no ano, um custo anual de R\$ 131,67 milhões por ano com a cana integral colhida mecanicamente.

O custo com pessoal operacional, incluindo encargos, na região Centro Sul, foi estimado pela Dedini em função das toneladas de cana processada, ficando entre R\$ 3,50 e R\$ 4,10 por tonelada processada. O proponente informou, ainda, que o salário bruto médio por funcionário é de R\$ 4.300,00, já incluindo "folguistas" para compensar turnos, descansos semanais e feriados.

Nas usinas tradicionais antigas observa-se um nível de automação muito baixo, havendo algumas que operam com 450 a 600 empregados, já inclusos os que trabalham em turno e os chamados “folguistas”. Nas plantas com tecnologia mais recente, com nível de automação médio, a quantidade de empregados é reduzida para 250 a 350 trabalhadores e na USD este valor deve ser da ordem de 180 a 240 trabalhadores na planta industrial.

Adicionalmente, de acordo com o proponente, os insumos e produtos químicos necessários estão estimados em R\$ 22,08 por m³ de etanol produzido, sem impostos, exceto contribuições sociais.

Os custos com manutenção e reparo foram estimados pelo proponente como 5% da Receita Operacional Líquida (ROL), de forma a manter a vida útil da usina por até 30 anos. Destaca-se que os custos com lubrificantes, reposição de peças, solda, etc., estão incluídos no valor indicado de manutenção.

O proponente estimou as despesas administrativas totais como 5,5% da ROL e as despesas gerais de comercialização como 6,43% da ROL, sendo que os gastos com pessoal administrativo já estão incluídos nestas despesas.

Estas despesas não incluem os custos financeiros de amortização do investimento e de capital de giro. Segundo a Dedini, o custo financeiro para manutenção de capital de giro, varia de usina para usina, sendo que nos grupos tradicionais este valor varia entre 2% a 3% da ROL com etanol.

Os custos e despesas indiretas são rateados em função da cana processada para os sistemas de extração de caldo, da quantidade de energia elétrica disponibilizada para comercialização e da quantidade de etanol produzido. Os dados fornecidos pelo proponente seguem aproximadamente este mesmo critério, de forma a adequá-los aos parâmetros de mercado.

Segundo a Dedini, os riscos ambientais da USD são inferiores aos de uma usina ou destilaria de etanol tradicional, pois a USD será desenvolvida de acordo com os atuais padrões de sustentabilidade, logo os seus procedimentos e obrigações legais para a obtenção das licenças de instalação e/ou operação deverão seguir os mesmos trâmites e exigências daquelas requeridas para uma usina tradicional.

Os parâmetros reais de custos, ainda, carecem de comprovação em operação integrada de todos os sistemas, mas, segundo a Dedini, espera-se uma redução de 15% no custo operacional total da USD em relação a uma usina tradicional. De forma geral, com os dados informados, estima-se que os custos e despesas provenientes da operação de uma USD geram o montante aproximado de R\$ 194,4 milhões por safra.

Tabela 138 - Principais Custos e Despesas Provenientes da Operação da USD

Custo	Referência	Preço de Referência	Custo por Safra
Cana de Açúcar	2.394.000 tc/safra	R\$ 55,00/ton	131.670.000
Mão de Obra	2.394.000 tc/safra	R\$ 3,80/ton	9.097.200

Insumos e Produtos Químicos	179.500 m ³ /safra	R\$ 22,08/m ³	3.963.360
Custos de Manutenção	R\$ 255.691.840/safra*	5% da ROL	12.784.592
Despesas Administrativas	R\$ 255.691.840/safra*	5,5% da ROL	14.063.051
Despesas Gerais de Comercialização	R\$ 255.691.840/safra*	6,43% da ROL	16.440.985
Custos Financeiros	R\$ 255.691.840/safra*	2,5% da ROL	6.392.296
Total			194.411.485

* De forma conservadora e na impossibilidade de uma estimativa fidedigna, considerou-se o faturamento bruto.

Fonte: Elaboração própria, baseado em dados fornecidos pela Dedini.

4.5.1.5 Comentários Gerais

Segundo o proponente, o investimento inicial na USD é superior ao de uma usina tradicional, da ordem de 10 a 20%, porém, os custos operacionais são menores e a receita total maior, neste último caso com grande percentual de variação em função da tecnologia e grau de otimização da usina tradicional tomada como referência. O retorno do investimento na USD é esperado em um período entre 3 a 5 anos, semelhante ou inferior ao de uma usina tradicional.

Resumidamente, os dados fornecidos pelo proponente indicam que a USD gera ganhos aproximados de R\$ 255,7 milhões por safra, custos e despesas no montante de R\$ 194,4 milhões por safra e requer investimentos da ordem de R\$ 430 milhões.

De forma geral, os dados apresentados pelo proponente indicam que a tecnologia apresenta um potencial de ganho econômico. Contudo, o nível de detalhamento e o prazo de fornecimento das informações não permitiram a elaboração de uma análise de sensibilidade dos parâmetros mais importantes, a construção de um fluxo de caixa para avaliação econômico-financeira dos resultados, nem a confirmação do cálculo dos resultados e dos indicadores apresentados pela empresa. A USD é composta, ainda, por um grupo de tecnologias, sendo necessária para a comprovação de sua eficácia econômica, a abertura de cada uma dessas tecnologias, detalhando-se a existência de benefícios efetivos e limitações, ponto a ponto, avaliação que dependeria da abertura analítica dessas premissas e suposições.

Não obstante, fica claro que muitas variáveis são inerentes às tecnologias e foram utilizadas estimativas apresentadas pelo próprio proponente. Sabendo-se da relevância destes parâmetros e do resultado financeiro efetivo para conclusões sobre a viabilidade das tecnologias, sugere-se que os contratos de transferência estejam vinculados à performance da mesma. Tal prática ajudaria a resguardar as usinas de parte do risco pelo investimento, substanciando a política comercial com foco em resultados e na revisão de parâmetros, se necessário.

Além disso, a decisão pela implantação das tecnologias deveria ser embasada num estudo de viabilidade econômico e financeiro individual, com a utilização de dados específicos de cada usina.

5 Considerações Finais

Apenas uma das tecnologias qualificadas na etapa técnica, proposta pela Methanum, não foi avaliada quanto a sua viabilidade econômica. Isso porque a política interna das empresas que compartilham os direitos comerciais sobre a tecnologia (Methanum e VSE) não permitiu o envio de informações adicionais solicitadas para o estudo.

Durante a execução do projeto, foi observada uma grande dificuldade de se obter parâmetros de uma usina que fosse aplicável como padrão para todo o território nacional. Variações nas características da terra, da pluviosidade, do relevo implicam em uma mudança substancial dos resultados, o que incorre na necessidade de se trabalhar com modelos que tentem atender a essas variações. Assim, as informações necessárias para a estruturação destes modelos, muitas vezes, não puderam ser encontradas, seja por causa de acordos de confidencialidade entre as usinas e os proponentes de tecnologias, seja por falta de exequibilidade.

Outro limitador do estudo foi a qualidade das informações fornecidas pelos proponentes. Nenhum dos questionários respondidos deu suporte completo à modelagem financeira para avaliação das tecnologias. Nesse sentido, foram abertos diversos contatos com os participantes para esclarecerem dúvidas sobre os questionários e para completarem as informações faltantes.

Por este motivo, para algumas tecnologias, a avaliação se concentrou no caráter qualitativo, mostrando quais são as principais fontes de ganhos e custos incrementais, além dos parâmetros que teriam maior impacto na viabilidade ou não em cada caso.

A respeito das conclusões relativas a cada tecnologia, observa-se que, diante da grande variabilidade dos parâmetros externos e internos das usinas, faz-se necessário o estudo de viabilidade aplicado a cada cliente interessado na sua aquisição. Este relatório mostrou quais os principais pontos e como eles impactam a viabilidade da implantação da tecnologia.

Além disso, muito dos parâmetros foram fornecidos pelos próprios desenvolvedores das tecnologias e não puderam ser validados. Portanto, como a maioria delas ainda não está consolidada no mercado, sugere-se que os contratos de transferência estejam vinculados a estes parâmetros, de forma a resguardar as usinas de parte do risco pelo investimento, substanciando a política comercial com foco em resultados e na revisão de parâmetros, se necessário.



WWW.CERESINTELIGENCIA.COM.BR