

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO

FRANCISCO JOSÉ ALBUQUERQUE MARQUES

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO E
OPERAÇÃO DE UMA ADUTORA DE VINHAÇA**

MACEIÓ
2010

FRANCISCO JOSÉ ALBUQUERQUE MARQUES

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO E
OPERAÇÃO DE UMA ADUTORA DE VINHAÇA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento (PPGRHS) da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa

MACEIÓ
2010

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE UMA ADUTORA DE VINHAÇA

FRANCISCO JOSÉ ALBUQUERQUE MARQUES

A dissertação intitulada **ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE UMA ADUTORA DE VINHAÇA**, elaborada pelo mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento Francisco José Albuquerque Marques e aprovada pelo orientador Prof. Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa, foi aceita pelo Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Maceió, 03 de Setembro de 2010.

Dedico à minha família, pelo apoio, paciência e compreensão em todos os momentos, mesmo quando as horas seguidas de estudo limitavam o convívio familiar.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas, que muito contribuíram para o meu aperfeiçoamento profissional.

À FAPEAL pela bolsa de estudos que facilitou o desenvolvimento da pesquisa.

À Usina Santo Antônio S/A, por todo o apoio dado durante o desenvolvimento da pesquisa. Em especial ao Superintendente Agrícola Dr. Marco Maranhão e aos técnicos Gidelson e Elielson que tanto auxiliaram durante o levantamento dos dados.

Ao Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira (CECA/UFAL) pela colaboração prestada na área de química agrícola.

A todos os colegas do curso de mestrado, pela troca de experiências e ajuda mútua.

Em especial, ao orientador do trabalho, Prof. Dr. Valmir Pedrosa pelo ensinamento, incentivo e dedicação prestados durante todo o período do mestrado.

RESUMO

Marques, F.J.A. **Estudo da viabilidade econômica da implantação e operação de uma adutora de vinhaça.** – Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS – UFAL. Maceió, 2010.

Este estudo avalia a viabilidade econômica da implantação de uma adutora de vinhaça com a finalidade de fertirrigação de canaviais, usando como fonte de energia a eletricidade gerada na própria indústria em substituição ao transporte da vinhaça por caminhões. Foram feitos levantamentos topográficos, análises químicas da vinhaça, cálculos hidráulicos e levantamento de preços de equipamentos e obras civis, através da determinação das receitas e despesas fizeram-se os cálculos do Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Pay Back Descontado, que são os principais parâmetros de análise financeira. Verificou-se que o projeto estudado apresentou viabilidade em um dos cenários propostos.

Palavras-chave: Fertirrigação, Adutora e Análise Financeira.

ABSTRACT

Marques, F.J.A. **Economic Viability of Vinasse Implantation Pipeline System** – Msc. Dissertation– Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento – PPGRHS – UFAL. Maceió, 2010.

This work evaluates the economic viability of a vinasse implantation of pipe transportation to irrigate the sugarcane plantation, using as source of power, the electricity generated from the sugar mill industry, the water supply pipe will replace the truck transportation, and it will provide water and nutrients to the plantation. The topographic data, chemical analyses of the vinasse, hydraulic calculation and price research of the works and equipment expenses was gathered. The methodology was based on the determination of the Net Present Value (NPV), the Internal Interest Rate (IRR) and the Pay Back, which are the main parameters of financial analyses. The present project was verified to have a high viability to one studied scenario.

Key Words: Irrigation, Water Pipe, Financial Analyses.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Lavagem da cana-de-açúcar.....	5
FIGURA 2 - Fertirrigação de vinhaça por aspersão	9
FIGURA 3 - Climatologia da Bacia Hidrográfica do Rio Quitunde.....	17
FIGURA 4 – Local de carregamento dos caminhões tanque	20
FIGURA 5 - Mapa da área do projeto	21
FIGURA 6 - Mapa do traçado planejado para a adutora (em Autocad)	22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Massa de matéria seca (MS)	4
TABELA 2 Composição química de vinhaças conforme o tipo de mosto	8
TABELA 3 Valor do frete para o transporte de vinhaça	19
TABELA 4 Despesas mensais com o transporte de vinhaça	19
TABELA 5 Resumo da mão de operacional da adutora	23
TABELA 6 Teores de potássio encontrados no solo.....	25
TABELA 7 Recomendação técnica de adubação potássica	27
TABELA 8 Distribuição da fertirrigação mensal da vinhaça.....	31
TABELA 9 Dimensões para a escavação do reservatório central	41
TABELA 10 Resumo dos investimentos	42
TABELA 11 Depreciação anual dos equipamentos e obras civis	44
TABELA 12 Custo anual com a manutenção da adutora.....	44
TABELA 13 Resumo dos custos fixos	45
TABELA 14 Custos operacionais com mão de obra	46
TABELA 15 Custos fixos e variáveis para o cenário I.....	47
TABELA 16 Preços de matérias primas e produtos da indústria	48
TABELA 17 Resumo das receitas indiretas	53
TABELA 18 Cálculo do PAY BACK DESCONTADO (cenário I)	55
TABELA 19 Consumo mensal de energia elétrica	57
TABELA 20 Resumo dos custos variáveis (cenário II)	58
TABELA 21 Resumo dos custos fixos e variáveis (cenário II)	58
TABELA 22 CÁLCULO DO PAY BACK DESCONTADO (CENÁRIO II)	59
TABELA 23 Resumo dos custos fixos no cenário III.....	61
TABELA 24 Cálculo do PAY BACK DESCONTADO (CENÁRIO III).....	63

TABELA 25 Tabela SAC – Sistema de Amortização Constante.....	64
TABELA 26 Volume e lâminas de vinhaça a serem aplicados por ano	65
TABELA 27 Especificações e resultados obtidos	66

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	29
Equação 2.....	30
Equação 3.....	32
Equação 4.....	33
Equação 5.....	34
Equação 6.....	34
Equação 7.....	34
Equação 8.....	35
Equação 9.....	35
Equação 10.....	36
Equação 11.....	36
Equação 12.....	37
Equação 13.....	37
Equação 14.....	38
Equação 15.....	40
Equação 16.....	43
Equação 17.....	46
Equação 18.....	49
Equação 19.....	51
Equação 20.....	56
Equação 21.....	63

LISTA DE SÍMBOLOS E NOMENCLATURAS

A Área

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

BID Banco Interamericano de Desenvolvimento

CTC Capacidade de troca catiônica do solo

CV Cavalo vapor

Cf Coeficiente de atrito

CEAL Companhia Energética de Alagoas

CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

g Constante de aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$)

DBO Demanda bioquímica de oxigênio

ρ Densidade absoluta da água (1000 Kg/m^3)

D Diâmetro

CO₂ Dióxido de carbono

CO₂eq Dióxido de carbono equivalente

K Elemento químico potássio

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FGV Fundação Getúlio Vargas

FMI Fundo Monetário Internacional

ha Hectare

h Hora

IAC Instituto Agrônomo de Campinas

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

kg Kilograma

kWh Kilowatt hora

km Kilômetro

π Letra grega que corresponde ao número 3,1416

l litro

L comprimento

MS Matéria seca

MWh Megawatthora

meq Miliequivalente

mg Miligramas

mm Milímetro

NBR Normas Brasileiras

ONG Organização Não Governamental

Re número de Reynolds

K₂O Óxido de potássio

ppm Partes por milhão

pH Potencial hidrogeniônico

r Raio de uma circunferência

ϵ Rugosidade absoluta do material de um duto em mm

SEMARH-AL Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas

SAC Sistema de Amortização Constante (BNDES)

SI Sistema Internacional de Unidades

SINDAÇUCAR-AL Sindicato da Indústria do Açúcar e do Alcool de Alagoas

S/A Sociedade Anônima

ton Tonelada

TIR Taxa interna de retorno

TMA Taxa mínima de atratividade

VPL Valor presente líquido

Q Vazão

v Velocidade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa à execução do projeto	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo Geral	12
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 O etanol e as questões relacionadas ao aquecimento global.....	3
2.2 Resíduos originários da produção de etanol.....	4
2.3 A vinhaça	7
2.4 A vinhaça como fertilizante químico potássico.....	11
3 METODOLOGIA	13
3.1 Definições	14
3.1.1 Taxa mínima de atratividade (TMA).....	14
3.1.2 Valor presente líquido (VPL).....	15
3.1.3 Taxa interna de retorno (TIR).....	16
3.1.4 PAY BACK DESCONTADO.....	16
3.2 Estudo de Caso	16
3.2.1 Caracterização da área de estudo.....	16
3.2.2 Informações Industriais.....	17
3.2.3 Custo mensal com o transporte de vinhaça por caminhões.....	18
3.3 Projeto de fertirrigação.....	20
3.3.1 Período de funcionamento do sistema.....	22
3.3.2 Mão de obra operacional envolvida no projeto	22
3.3.3 Perdas no sistema	23

3.3.4	Análise química da vinhaça do reservatório da indústria	24
3.3.5	Cálculo do volume de vinhaça a ser aduzido	24
3.3.5.1	Análise de solos	24
3.3.5.2	Recomendações para a adubação	25
3.3.5.3	Considerações adotadas	27
3.3.5.4	Cálculo da quantidade de vinhaça a ser aplicada	29
3.3.6	Cálculo da vazão contínua do projeto	30
3.3.7	Lâmina de fertirrigação demandada	31
3.3.8	Dimensionamento de adutoras	32
3.3.9	Cálculo da velocidade	32
3.3.10	Cálculo da perda de carga distribuída	33
3.3.11	Cálculo das perdas de cargas totais	36
3.3.12	Cálculo da altura manométrica total	36
3.3.13	Cálculo da potência exigida	37
3.3.14	Cálculo da potência da bomba de acordo com o rendimento	37
3.3.15	Dimensionamento do reservatório	38
3.3.16	Equipamentos e custos	41
4	ANÁLISE ECONÔMICO FINANCEIRA DE ACORDO COM OS TRÊS CENÁRIOS PROPOSTOS	43
4.1	Cenário I	43
4.1.1	Cálculos dos custos fixos para o cenário I	43
4.1.1.1	Depreciação	43
4.1.1.2	Manutenção	44
4.1.1.3	Cálculo dos juros anuais de acordo com o Cenário I	44
4.1.2	Custos variáveis	45
4.1.2.1	Mão de obra	45

4.1.2.2 Custo com energia elétrica no cenário I.....	46
4.1.3 Cálculos das receitas.....	48
4.1.3.1 Receitas diretas.....	49
4.1.3.1.1 Receita com o aumento da área.....	49
4.1.3.2 Receitas indiretas.....	50
4.1.3.2.1 Redução do custo com adubação.....	50
4.1.3.2.2 Receita com o aumento do número de colheitas.....	50
4.1.3.2.3 Redução do custo do frete da cana fertirrigada na área adicional.....	52
4.1.3.2.4 Redução da área plantada produzindo-se a mesma quantidade de cana.....	52
4.1.3.2.5 Receita com a redução do arrendamento de terras.....	53
4.1.3.2.6 Receita proveniente da eliminação do transporte de vinhaça por caminhões.....	53
4.2 Cenário II.....	55
4.2.1 Custos variáveis - Energia elétrica (Cenário II).....	56
4.3 Cenário III.....	60
4.3.1 Cálculo dos juros anuais de acordo com o BNDES.....	61
4.3.2 Cronograma de pagamento segundo o BNDES.....	63
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
6 CONCLUSÃO.....	69
7 RECOMENDAÇÕES.....	70
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
ANEXOS	

1 INTRODUÇÃO

A forma de descarte de resíduos oriundos de atividades antrópicas e a natureza desses resíduos são extremamente importantes para determinar sua periculosidade em relação ao meio ambiente. No caso de lançamentos no solo, nem sempre suas propriedades físicas, químicas e biológicas o capacitam a inertizá-los, devendo ser evitado sua liberação no ambiente.

Um desses resíduos é a vinhaça, efluente importante da produção de etanol, devido à grande quantidade gerada como subproduto da destilação do mosto. Estima-se que para cada litro de álcool produzido gera-se em média de 12 a 14 litros de vinhaça (HORII, 1998). Os crescentes investimentos na produção de etanol como combustível renovável, no mundo e particularmente no Brasil, levam à busca de soluções para a utilização deste efluente.

A vinhaça é um efluente altamente poluente e corrosivo, motivo de grande preocupação em relação ao seu destino no tocante aos danos ao meio ambiente. Por essas razões, é necessário estudar as alternativas de uso e transporte desse efluente visando sua viabilidade econômica.

1.1 Justificativa à execução do projeto

O uso da vinhaça na fertirrigação de campos agrícolas tem se mostrado uma solução viável para o problema criado com a geração desse efluente altamente poluente derivado da fabricação de etanol. A composição química da vinhaça apresenta alta concentração de potássio, micronutrientes e matéria orgânica (DBO 28000 mg/l), caracterizando, portanto, seu grande potencial poluente, por outro lado este efluente se bem utilizado, pode suprir nutrientes e água para a cultura explorada para a fabricação de etanol.

O Brasil devido a sua extensão territorial, grande disponibilidade de terras agricultáveis e sendo o país líder em tecnologia para a fabricação de biocombustíveis, tem aberto novas fronteiras agrícolas para o cultivo de cana-de-açúcar. O que tem exigido nos novos cultivos mais tecnologia como a irrigação, por exemplo, aumentando com isso o uso consuntivo dos já escassos recursos hídricos, razões que levam ao estudo do desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas tecnologias para o uso racional de efluentes líquidos

como a vinhaça, visando substituir parcialmente a irrigação tradicional, fornecer nutrientes as plantas e racionalizar o suprimento de água para irrigação.

É de extrema importância para uma região produtora de álcool como a zona da mata alagoana, um estudo no sentido de avaliar a viabilidade econômica da implantação e operação de adutoras de vinhaça em relação à distribuição tradicional por caminhões, com a conseqüente diminuição da demanda por combustíveis fósseis, os quais causam danos ao meio ambiente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade econômica do transporte de vinhaça por duto com finalidade agrícola e redução de risco de acidente ambiental.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar os custos com o transporte convencional por caminhão e comparar com a alternativa da adutora;
- Apresentar metodologia para análise da viabilidade econômica;
- Estudar três possíveis cenários para a realização de uma melhor análise.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O etanol e as questões relacionadas ao aquecimento global

Com a crescente preocupação ambiental em relação ao aumento da temperatura global, que se acredita estar relacionada com a emissão de gases chamados de efeito estufa, o etanol passou a ser visto como um combustível alternativo aos derivados de petróleo, pelo seu baixo potencial poluente e grande escala de produção frente a outros combustíveis renováveis, sendo o Brasil o país líder na tecnologia de produção. Segundo WENZEL et al. (1997), a atmosfera da Terra absorve parte da energia emitida como radiação infravermelha e se esquentam, tal efeito de aquecimento natural da Terra vem se intensificando nos últimos séculos pelas atividades humanas, levando à acumulação demasiada dos gases que aprisionam o calor na Terra. As consequências desse acúmulo ocasionado pelo homem são de efeito global e podem incluir o aumento da temperatura média mundial e mudanças climáticas regionais repentinas.

Para uma substância ser considerada como causadora de efeito estufa, ela precisa ser um gás, nas condições normais de temperatura e de pressão, e apresentar, no mínimo, uma destas características: ser capaz de absorver radiação infravermelha; ser estável na atmosfera com tempo de residência de anos a séculos; ser de origem fóssil e convertida em CO₂ na degradação para a atmosfera. Os potenciais de aquecimento global convergem para os resultados do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), em ALBRITTON et al. (1995), os quais são baseados em modelos de simulação do comportamento dos gases na atmosfera por um longo período. Tais resultados expressam o potencial de aquecimento global de uma determinada quantidade de gás relativa à contribuição da correspondente quantidade de CO₂ para este efeito e são apresentados em WENZEL et al. (1997, p.247).

O aquecimento global é um impacto considerado mundial e o resultado do indicador é expresso em quantidade de dióxido de carbono equivalente ou gás carbônico equivalente (CO₂eq.). O resultado, portanto, representa o potencial total de impacto de aquecimento global que essa quantidade de CO₂

causaria. De acordo com MERICO (1996), com o crescente aumento da exploração dos recursos ambientais pela atividade produtiva, há um incremento da pressão, tanto por parte do poder público, quanto da sociedade organizada (ONGs) e das agências multilaterais (Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID, Banco Mundial e Fundo Monetário Internacional – FMI) para que os custos ambientais e as valorações de degradações sejam incluídos nas análises de custo-benefício dos investimentos.

2.2 Resíduos originários da produção do etanol

Os resíduos originários da fabricação do etanol são: água de lavagem, torta de filtro, cinza de caldeiras, bagaço de cana e vinhaça. A palhada é o principal resto cultural. A quantidade de palhada que permanece sobre o solo após a colheita da cana não despalhada a fogo varia com o cultivar e as práticas agrícolas adotadas, com valores oscilando entre 12 a 18 toneladas de cana por hectare (OLIVEIRA et al., 1999). Em trabalhos conduzidos por OLIVEIRA et al. (1999) na região de Ribeirão Preto – SP verificou-se que, dos nutrientes contidos na palhada, somente o potássio apresentou grande liberação durante um ano de permanência deste resto cultural no campo (Tabela 1). Assim, à exceção do K, os nutrientes contidos na palhada não contribuirão de forma expressiva para a nutrição da cana, no ciclo subsequente ao corte.

Tabela 1. Massa de matéria seca (MS), quantidade de nutrientes e carboidratos estruturais nas amostras de palhada da cana recém colhida, sem queima, (ano de 1996) e na remanescente um ano após (ano de 1997).

Ano	MS t ha ⁻¹	-----Nutrientes (kg ha ⁻¹)-----						
		N	P	K	Ca	Mg	S	C
1996	13,9	64	6,6	66	25	13	9	6.255
1997	10,8	53	6,6	10	14	8	8	3.642
----- Carboidratos estruturais (kg ha ⁻¹) -----								
	Hemicelulose	Celulose	Lignina	Conteúdo Celular		C/N	C/S	C/P
1996	3.747	5.376	1.043	3.227		97	695	947
1997	943	5.619	1.053	2.961		68	455	552

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (1999).

De acordo com OMETTO, A. (2000), logo no início do processo industrial, a cana é lavada com água, para a retirada do material aderido ao colmo durante o corte e o transporte do campo à usina, surgindo o primeiro efluente: a água de lavagem de cana. Algumas usinas descartam esta operação, principalmente quando é utilizado o corte da cana colhida sem queima, pois, como o colmo não exsuda, não retém tanta sujeira como o colmo que sofre exsudação com a queimada, o qual, ainda, perde sacarose. Segundo BRAILE e CAVALCANTI (1979) essa etapa do processamento industrial consome, em média, 3 a 7 metros cúbicos de água por tonelada de cana dependendo da eficiência do processo, onde as indústrias mais novas são cada vez mais eficientes. Na figura 1, mostra-se o procedimento de lavagem da cana-de-açúcar.

Figura 1 - Lavagem da cana-de-açúcar



Fonte – OMETTO, A. (2000).

O caldo produzido durante a moagem é composto, segundo BRAILE e CAVALCANTI (1979), por uma solução contendo sacarose, açúcares redutores compostos por frutose e glicose, e não-açúcares compostos por substâncias orgânicas e não orgânicas. As orgânicas são os aminoácidos, proteínas, gordura e cera; as não orgânicas são compostas por sais minerais (HORII, 1998). Esse caldo passa por um tratamento, aquecimento e decantação, subdividindo-se, no processo de produção, em açúcar e em álcool, quando a usina gera os dois produtos.

O lodo resultante da decantação é submetido à filtração a vácuo, o líquido da filtração retorna ao processo e o resíduo sólido, conhecido por torta de filtro, é rotineiramente destinado à fertilização dos campos de cultivo de cana-de-açúcar.

A continuação do processo industrial focada na produção de álcool etílico a partir do caldo obtido no processo de extração, e enviado diretamente para a fabricação do etanol, pode ser diferenciada por dois tipos de destilarias: destilarias anexas, que produzem álcool também a partir do produto da fermentação do melaço subproduto da produção de açúcar, o chamado mosto de melaço; e destilarias autônomas, nas quais o álcool etílico é obtido a partir da fermentação direta do caldo de cana. No processo, o caldo, enriquecido com alguns nutrientes, é inoculado, de acordo com BRAILE e CAVALCANTI (1979), com leveduras (fungos) do gênero *Saccharomyces*, esses microorganismos revertem à sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) e transformam-na em álcool etílico ou etanol (C_2H_5OH) e dióxido de carbono (CO_2).

O produto da fermentação é um substrato, denominado vinho, que é centrifugado para a obtenção e a reutilização das leveduras, enquanto o líquido é enviado às colunas de destilação. Na primeira coluna, obtém-se álcool de 45 °GL (fração em volume) a 50°GL, denominado flegma, e o efluente, que, segundo o IAC (1994), é responsável por mais de 60% da carga poluidora de uma destilaria, a vinhaça.

Na coluna seguinte, de retificação, a concentração eleva-se à, no máximo, 97°GL, segundo ALMEIDA (1978), sendo encontrado pela FIC (2004) na fração em massa do álcool na mistura de 93,2% (mínimo 92,6% e máximo 93,8%). Este produto é o álcool etílico hidratado combustível.

A reutilização de subprodutos no ciclo de vida do etanol é caracterizada pela fertirrigação da vinhaça e disposição da torta de filtro como fonte de nutrientes e matéria orgânica nos campos de cultivo.

2.3 A vinhaça

A vinhaça ou vinhoto é o efluente resultante da fabricação do álcool etílico, após a fermentação do mosto e a destilação do vinho, apresenta como principais constituintes potássio, cálcio e matéria orgânica, sendo usualmente utilizada nas adubações de cana no plantio (cana planta) e rebrotas (cana soca) e pode, conforme discutido anteriormente, fornecer todo o potássio (K) para a cultura. De acordo com a origem da vinhaça as concentrações dos elementos podem variar, devendo-se realizar análise química antes da sua aplicação, mas de um modo geral a concentração de potássio na vinhaça originária do mosto misto é, em média, duas vezes maior que naquela oriunda do caldo, com valores oscilando em torno de 1,2 e 2,5 kg por metros cúbicos, respectivamente (OLIVEIRA et al, 2002).

Segundo CRUZ (1991), a vinhaça apresenta em sua composição características específicas às quais variam de acordo com a natureza e a composição da matéria-prima (tipo de mosto), do tipo de aparelho destilatório e da condução da destilação.

De acordo com GLÓRIA et al (1976), a composição química da vinhaça de mosto de melado tem alta concentração de potássio, micronutrientes e matéria orgânica; O que é confirmado por RODELLA et al (1980), que salienta sua alta DBO (28.000 mg/l) corroborando seu poder poluente. No Brasil, país pioneiro no domínio da tecnologia de produção de etanol, segundo dados do IBGE (2010), de 2005 a 2009 houve um crescimento da produção de álcool na ordem de 56 %, bem acima da média da indústria nacional, esse incremento tende a continuar por mais alguns anos até se estabilizar. No Nordeste a cultura usada para a produção de álcool etílico (cana de açúcar) representa 14% da economia local, sendo que em Alagoas a participação é de 26% (dados do SINDAÇUCAR-AL, 2010).

A tabela 2 mostra, conforme verificado por MARQUES (2006), que a riqueza organo-mineral da vinhaça é alta, fato importante, que tem incentivado a utilização deste efluente como fonte de nutrientes para a fertilização de solos agrícolas.

Tabela 2 - Composição química de vinhaças conforme o tipo de mosto.

Parâmetro	Melaço	Caldo	Misto
Temperatura (°C)	80 - 100	80 - 100	80 - 100
DBO (mg/l O ₂)	28.000	6.000 – 16.500	19.800
DQO (mg/l O ₂)	65.000	15.000 – 33.000	45.000
Sólidos totais (mg/l)	81.500	23.700	52.700
Sólidos voláteis (mg/l)	60.000	20.000	40.000
Sólidos fixos (mg/l)	21.500	3.700	12.700
Nitrogênio (mg/l N)	450 – 1.610	150 - 700	480 - 710
Fósforo (mg/l P ₂ O ₅)	100 - 290	10 - 210	9 - 200
Potássio (mg/l K ₂ O)	3.740 – 7.830	1.200 – 2.100	3.340 – 4.600
Relação C/N	16 – 16,27	19,7 – 21,07	16,4 – 16,43

Fonte: Adaptado de MARQUES (2006).

A industrialização da cana-de-açúcar resulta na geração de grande quantidade de resíduos, sendo a vinhaça o de maior potencial poluidor dependendo da sua disposição final. No Brasil, há desde 1978, a Portaria de nº 323 de 1978 do Ministério do Estado do Interior, que proibiu a partir da safra de 1979/1980, o lançamento direto, pelas destilarias de álcool instaladas no país, de vinhaça em qualquer corpo hídrico, tal portaria exigia que as empresas apresentassem, no prazo determinado de três meses, projetos para implantação de sistemas adequados de tratamento e/ou utilização da vinhaça, visando o controle da poluição hídrica. Em busca de uma solução para aquela exigência e sabendo da propriedade fertilizante desta, a vinhaça tornou-se um importante insumo na indústria sucroalcooleira (RODELLA & FERRARI, 1977). Desde então, este efluente tem sido largamente utilizado como substituto parcial ou total de alguns fertilizantes minerais.

Inúmeros trabalhos têm abordado com propriedades os efeitos positivos da aplicação da vinhaça como fonte de nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar (AGUJARO, 1979; PENATTI et al, 1988).

A fertirrigação é um processo conjunto de irrigação e adubação, ou seja, consiste na utilização da própria água de irrigação para conduzir e distribuir o adubo orgânico ou químico na lavoura. Contudo, segundo (OMETTO, 2000), esse procedimento se mal aplicado pode gerar impacto ambiental, ocasionado pela disposição indiscriminada de vinhaça na lavoura.

Ainda segundo (OMETTO, 2000), o transporte da vinhaça pode ser realizado por: caminhões, canais abertos, adutora superficial ou subterrânea. Realizando-se geralmente por aspersão a aplicação daquela no solo, conforme mostrado na figura 2.

Figura 2 - Fertirrigação de vinhaça por aspersão



Fonte - OMETTO, A. (2000).

De acordo com (DEMATTÊ, 1992), a disposição da vinhaça através da fertirrigação é uma tecnologia que visa à utilização daquele subproduto de forma racional, pois, ao mesmo tempo em que impede que este seja descartado nos corpos aquáticos, possibilita a fertilização dos solos agricultáveis, além da redução dos custos de produção, quando a vinhaça é adicionada ao solo, seu potencial poluidor é reduzido em consequência das interações bióticas e abióticas estabelecidas com este.

Segundo PIMENTEL GOMES & CARDOSO (1958):

As indústrias de açúcar e álcool possuem vários subprodutos e resíduos orgânicos excelentes para a adubação da cana-de-açúcar. (...) Uma das conquistas mais interessantes dos últimos anos no que se refere à fertilização dos canaviais é o uso da vinhaça como adubo.

A citação acima confirma o fato de que a possibilidade de uso da vinhaça na fertirrigação é conhecida desde o século passado, porém por vários motivos, tais como, baixos preços dos fertilizantes químicos para a época, possibilidade de despesas para o transporte do efluente da indústria para o campo, ausência de Legislação Ambiental específica, entre outros, contribuíram para o errôneo descarte da vinhaça nos corpos d'água.

Em março de 2005, foi homologada a Norma Técnica CETESB P4. 231 que têm por objetivos: estabelecer os critérios e procedimentos para a aplicação de vinhaça, gerada pela atividade sucroalcooleira no processamento da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. A referida norma levou em consideração aspectos da Legislação Federal e Estadual, além de normas técnicas ABNT e CETESB para estabelecer os critérios e procedimentos propostos para a utilização da vinhaça (LUZ, 2007).

A opção da utilização da vinhaça em substituição a adubação mineral nas lavouras de cana-de-açúcar tem sido largamente ampliada. Todavia, SZMRECSÁNYI (1994) afirma que esta aplicação não pode ser excessiva nem indiscriminada, sob pena de comprometer o meio ambiente, podendo causar uma salinização nos solos e uma conseqüente poluição dos aquíferos, comprometendo inclusive a rentabilidade agrícola e industrial.

De acordo com MONTEIRO (1977), a crescente produção de etanol tem trazido alguns problemas ambientais como a grande quantidade de vinhaça decorrente da sua fabricação, fato que salienta a necessidade de se realizarem mais estudos no sentido de melhorar a eficiência de utilização deste efluente.

2.4 A vinhaça como fertilizante químico potássico

A vinhaça é composta, em sua maioria, de água (aproximadamente 97%), a fração sólida é constituída principalmente de matéria orgânica e elementos minerais, e o potássio representa cerca de 20% dos elementos presentes, constituindo-se como o elemento limitante para a definição da dose a ser aplicada nos solos (MARQUES, 2006).

A adubação potássica da cana é realizada no plantio e após cada corte da cana, devido ao fato de o potássio se deslocar no perfil do solo. Essa adubação se baseia nos resultados da análise de solo da camada de 0 a 20 cm, na produtividade que se deseja obter e na finalidade da utilização da cana. A massa de potássio contida nos ponteiros e folhas secas da cana oscila em torno de 70 kg por hectare, podendo, na cana-planta (primeiro ano) alcançar 140 kg por hectare (OLIVEIRA et al., 1999).

O potássio tem se mostrado um elemento de entendimento difícil, tanto para os fisiologistas como para os produtores. Uma série de dados parece indicar a ação do potássio em alguma função, altamente especializada do transporte e acúmulo da sacarose, em níveis totalmente independentes dos encontrados na folha e na bainha foliar. Em Porto Rico, a omissão de potássio reduziu o conteúdo de sacarose na cana.

A ação bioquímica do potássio na cana-de-açúcar permanece objeto de conjecturas, embora a sua ação não possa ser descartada no metabolismo de hexoses e transporte de sacarose. Foi estabelecida uma relação entre o nível de potássio e a síntese protéica nas folhas e nos colmos, bem como diminuição da fotossíntese em plantas deficientes desse elemento. Há relatos da influência direta e indireta do potássio, no transporte de sacarose em cana-de-açúcar. Indiretamente, a deficiência de potássio pode afetar o movimento de sacarose devido à sua influência no crescimento, fotossíntese ou teor de umidade. A teoria eletro-osmótica de Spanner mostra claramente como a deficiência de potássio pode reduzir drasticamente a translocação de sacarose no floema. Assim, o movimento da sacarose da folha para o colmo, foi marcadamente diminuído pela deficiência de potássio. Este efeito foi detectado em folhas, com sintomas de deficiências ainda não visíveis ou com alterações na atividade

fotossintética. Severa deficiência de potássio produziu aumento na respiração foliar, diminuição na fotossíntese e na conversão de açúcares intermediários à sacarose, todos esses efeitos adicionados à restrição no transporte de açúcares. Concluindo, o efeito do baixo suprimento do potássio afeta primeiro o transporte de sacarose. Também não se pode esquecer a importância do potássio (K) em manter o turgor celular, participando do processo de abertura estomática, fundamental para a captação do CO₂. Logo, deficiência de potássio leva ao fechamento dos estômatos, menor entrada de CO₂, restrição fotossintética e menor acúmulo de matéria seca e sacarose (OLIVEIRA et al.,2002).

O potássio possui importante ação na translocação de sacarose, seja no transporte via floema ou no transporte célula a célula da sacarose em direção ao floema, ou deste no sentido de armazenamento. Deficiência de K pode levar ao acamamento por diminuição da turgescência celular, bem como à menor fotossíntese por fechamento dos estômatos.

Resultados obtidos por CAMARGO et al. (1987), indicam que a aplicação da vinhaça provoca teores mais elevados de potássio no complexo sortivo, podendo acarretar acréscimos de K também na solução do solo propiciando, portanto, maior suscetibilidade à lixiviação.

A fertirrigação descontrolada com vinhaça pode levar ao excesso de potássio no complexo sortivo e conseqüentemente a uma maior absorção deste elemento pela cultura da cana-de-açúcar, tendo um efeito sobre o aumento endógeno de potássio e sobre a qualidade do caldo, isto não é desejável para fabricação do açúcar, pois como aquele é o maior constituinte das cinzas, estas em alta concentração no caldo dificultam a cristalização, em função da formação de núcleos falsos, reduzindo o rendimento industrial de açúcar. Já, no entanto, altos teores de cinzas favorecem a produção de álcool, agindo como fonte de nutrientes para as leveduras.

3 METODOLOGIA

Inicialmente foi feita uma coleta de dados da destilaria, tais como: quantidade de etanol produzida, quantidade de vinhaça decorrente, custo de transporte por caminhões, destino atual da vinhaça, entre outros, após selecionou-se o local a ser implantada a adutora, determinou-se a distância da destilaria ao reservatório de armazenamento da vinhaça para a fertirrigação, e as cotas a serem vencidas. Foram feitas análises de solos da área de estudo para a determinação dos teores de potássio disponíveis no solo.

Com a coleta dos dados efetuaram-se os cálculos hidráulicos e financeiros, quando se obtiveram as dimensões e o custo de implantação e operação da adutora. Foi construído o diagrama de fluxo de caixa livre do projeto, adotando-se uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 10% ao ano para um período de estudo de 10 anos quando se tratou de recursos próprios, no caso do cenário com investimento financiado a taxa de juros adotada foi de 8,55% ao ano (BNDES, 2009) mantendo-se o mesmo horizonte de financiamento, calculou-se a taxa interna de retorno (TIR), o valor presente líquido (VPL) e o tempo de retorno do investimento, utilizando-se a metodologia do PAY BACK DESCONTADO (considera o valor do dinheiro no tempo).

Consideraram-se três possíveis cenários econômicos:

i) o primeiro com o custo da tarifa de energia elétrica gerada pela própria indústria (preço de venda) e investimentos a serem realizados com recursos próprios;

ii) o segundo com o preço da “Tarifa Irrigante” (fornecida pela Companhia Energética de Alagoas - CEAL) com investimento através de recursos próprios;

iii) e o terceiro com recursos provenientes do Banco Nacional de desenvolvimento Economico e Social (BNDES) e preço da tarifa de Cogeração.

Avaliaram-se os custos de implantação e operação da adutora comparando-os aos atuais de transporte por caminhão, incluindo os custos de energia elétrica gerada na própria usina em substituição ao combustível fóssil (óleo diesel). A viabilidade do projeto foi verificada após a análise dos

parâmetros financeiros com os cálculos da TIR, VPL e PAY BACK DESCONTADO, de acordo com os três cenários propostos, seguindo as recomendações de ABREU FILHO et al. (2007).

3.1 Definições

Todas as definições a seguir, assim como os critérios de avaliação propostos, estão de acordo com a metodologia adotada, conforme recomenda ABREU FILHO et al. (2007).

3.1.1 Taxa mínima de atratividade (TMA) ou custo de oportunidade

No presente estudo e de acordo com a metodologia proposta, a TMA é o percentual mínimo de retorno exigido pelo investidor para que o projeto seja viável, ou seja, é a rentabilidade mínima esperada para remunerar o capital investido no projeto.

A TMA para a pessoa física esta associada ao conceito de custo de oportunidade, ou seja, a comparação entre ganhos obtidos em várias alternativas de investimentos, ficando o investimento a ser feito com o dever de superar o ganho obtido em outro investimento seguro já conhecido, como por exemplo, a caderneta de poupança.

Para a pessoa jurídica, a TMA esta diretamente relacionada ao custo do capital da empresa, o qual depende de vários fatores, tais como: i) a relação entre o percentual de capital próprio e de terceiros no capital social da companhia; ii) o custo em percentual do capital de terceiros; iii) a existência ou não de disponibilidade financeira no caixa da companhia (liquidez de capital); iv) a disponibilidade de fontes de recursos para financiamento e o custo financeiro desse capital. Todos esses fatores compõem um valor percentual que representa o custo de capital da empresa, ficando um investimento novo, com a expectativa de superar esse percentual para poder se tornar um negócio atrativo para a companhia.

3.1.2 Valor presente líquido (VPL)

De acordo com MANKIN (2009), o valor presente de alguma coisa, está diretamente relacionado ao fator tempo, ou seja, uma quantidade de dinheiro qualquer é mais valiosa hoje do que a mesma quantidade de dinheiro no futuro, pois esse dinheiro se aplicado pode render e conseqüentemente aumentar o seu valor nominal no decorrer do tempo.

O valor presente líquido representa a liquidez real em valores nominais absolutos, do fluxo de caixa de uma companhia ou projeto atualizado em um dia determinado.

Segundo MILGROM et al.(1992), para se calcular o valor presente líquido, é necessário que incida sobre o fluxo de caixa uma taxa de correção sobre os valores nominais das diversas datas ao longo do fluxo, com o intuito de se corrigir aqueles valores futuros para um dia determinado na data presente.

(VPL) = valor – custo, onde:

Valor = \sum dos valores presentes positivos do fluxo de caixa;

Custo = \sum dos valores presentes negativos no fluxo de caixa.

Neste trabalho, usou-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para se fazer a atualização dos valores futuros do fluxo de caixa projetado ao longo do tempo no horizonte do projeto. Após, com todo o fluxo no valor presente, procedeu-se a análise do VPL.

Segundo a metodologia, para o projeto ser viável o VPL deve ser maior ou igual a zero, ou seja, positivo.

O VPL é um critério de análise econômica muito importante, visto que:

- Mede o lucro em valores absolutos;
- Indica se o projeto é lucrativo;
- É o critério mais utilizado, pois é fácil de interpretar.

3.1.3 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é aquela que faz o VPL ser igual a zero, portanto, é a rentabilidade em percentual obtida pelo capital investido no projeto.

Quando a TIR é maior ou igual à TMA, significa que a rentabilidade do projeto é maior ou igual à rentabilidade mínima exigida pelo investidor, ou seja, indica que o projeto é viável.

3.1.4 PAYBACK DESCONTADO

É o tempo necessário para o completo retorno do capital investido, considerando-se que valor do dinheiro muda com o decorrer do tempo. Segundo ABREU FILHO et al. (2007), para se determinar o tempo de retorno de um investimento, deve-se atualizar os valores líquidos do fluxo de caixa ano a ano, até se obter o tempo necessário para o pagamento do capital. No estudo a taxa usada para a atualização dos valores, foi a TMA.

3.2 Estudo de caso

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em área pertencente à Usina Santo Antônio, localizada na região denominada Tabuleiros Costeiros, município de São Luís do Quitunde, na bacia do Rio Quitunde, litoral norte de Alagoas, situado na latitude de 09°19'04,8" sul e 35°33'40" de longitude oeste, e altitude média de 97 metros.

A área de estudo dista aproximadamente 15 km do oceano, região litorânea da Zona da Mata Alagoana, onde predomina a cultura canavieira, fazendo parte de várias propriedades agrícolas da Usina Santo Antônio S/A. O solo da área experimental é um latossolo amarelo coeso distrófico, com relevo plano (Embrapa, 1999). De acordo com a classificação de KÖPPEN (1936), a região estudada possui um clima tropical chuvoso com verão seco e estação chuvosa dentro da quadra chuvosa de Abril a Julho, com precipitação anual em torno de 2.216,15mm.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) tem uma estação meteorológica automática no município, onde são disponibilizados dados de precipitação, umidade, temperatura, vento e insolação. A Usina Santo Antônio possui um pluviômetro e vem coletando dados desde 1994.

A bacia hidrográfica do Rio Quitunde apresenta médias climatológicas de precipitação que estão representadas na Figura 3, observa-se que o período chuvoso começa em março e termina em agosto, a quadra chuvosa tem início em abril e término em julho (colunas em cinza), e os meses mais secos vão de outubro até fevereiro, mostrando que apesar da precipitação acumulada no ano ser boa, há uma distribuição irregular das chuvas, o que salienta a necessidade de irrigação nos meses mais secos do ano, ocasião em que é feita a colheita da cana e a cultura necessita de água para rebrota.

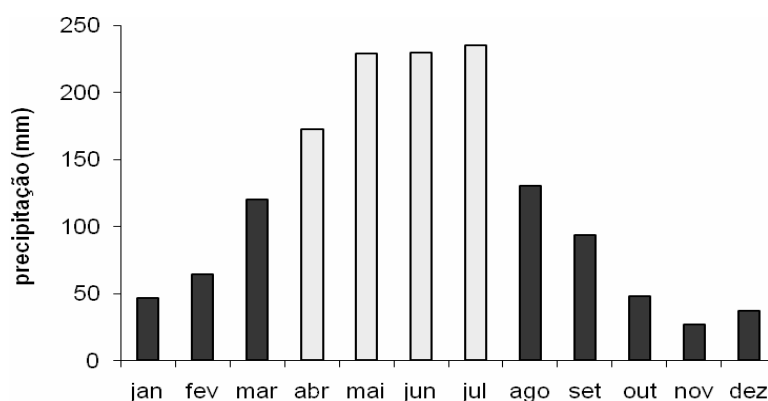


Figura 3 - Climatologia da Bacia Hidrográfica do Rio Quitunde

Fonte: SEMARH – AI, (2009).

3.2.2 Informações industriais

Seguem abaixo algumas informações industriais importantes para o estudo em questão, todas aquelas relativas à Companhia Açucareira Santo Antônio S/A, indústria que opera para a fabricação de açúcar e também como destilaria para a produção de etanol. As referidas informações foram obtidas oficialmente junto à diretoria da empresa, sendo que os dados foram coletados “in loco”, através das visitas ocorridas na safra 2008/2009, ocasião em que a indústria operava em plena capacidade.

A produção de álcool etílico ocorrida na safra 2008/2009 foi de 305.000 litros/dia, durante um período de processamento contínuo de 200

dias, totalizando-se 61.000.000 litros de etanol e gerando-se em média 14 litros de vinhaça por cada litro de etanol produzido, ou 854.000.000 litros de vinhaça.

Como a matéria prima usada para a fabricação de açúcar e para a produção de etanol é a cana-de-açúcar, durante o período de moagem e processamento da cana (200 dias contínuos), ocorre à consequente produção de um subproduto da moagem denominado bagaço de cana. Por conseguinte há também à geração de energia elétrica pela indústria, a qual utiliza como fonte para a geração de eletricidade a energia térmica proveniente da combustão daquele bagaço (subproduto) da cana processada.

Em todo o período operacional da companhia são produzidos 25 megawatts por hora (MWh), sendo que a própria indústria consome 10 MWh para a sua total operação (ficando 100% auto-suficiente), e exporta o excedente de 15 MWh por meio da infra-estrutura da Companhia Energética de Alagoas - CEAL. Através de contrato firmado com a CEAL, a indústria vende a energia elétrica excedente para aquela operadora pública por um preço de R\$ 145,00 MWh.

Caso não houvesse geração de eletricidade pela indústria (cogeração) e a energia elétrica fosse adquirida da Companhia Energética de Alagoas - CEAL, a indústria enquadraria o consumo de energia elétrica destinado ao presente projeto, em uma tarifa especial, a qual é subsidiada para quem é irrigante, custando R\$ 230,00 MWh. Conforme mostrado adiante essas informações são muito importantes para o estudo dos cenários propostos por esse estudo.

3.2.3 Custo mensal com o transporte de vinhaça por caminhões

Atualmente a indústria utiliza os serviços de uma transportadora para levar a vinhaça para o campo agrícola, a tabela 3 mostra os diferentes preços de frete de acordo com a distância percorrida.

Tabela 3 – Valor do frete para o transporte de vinhaça de acordo com a distância percorrida

Distância – (km)	Valor do frete R\$
0 - 5	65,00
5 - 10	90,00
10 - 15	115,00
15 - 20	141,00
20 - 25	161,00

Fonte: Usina Stº Antônio S/A.

A tabela 4 apresenta o custo mensal despendido pela destilaria com o transporte da vinhaça efetuado por caminhões.

Tabela 4 - Despesas mensais com transporte de vinhaça

Mês	Despesa (R\$)
Setembro\08	164.666,00
Outubro\08	182.377,00
Novembro\08	145.317,00
Dezembro\08	155.351,00
Janeiro\09	157.866,00
Fevereiro\09	108.279,00
Março\09	138.608,00
Média mensal	150.352,00
Total da safra	1.202.816,00

Fonte: Usina Stº Antônio S/A.

A figura 4 mostra um caminhão tanque sendo carregado com vinhaça na sede da Usina Santo Antônio S/A.



Figura 4 – Local de carregamento dos caminhões tanque.

Fonte: Autor.

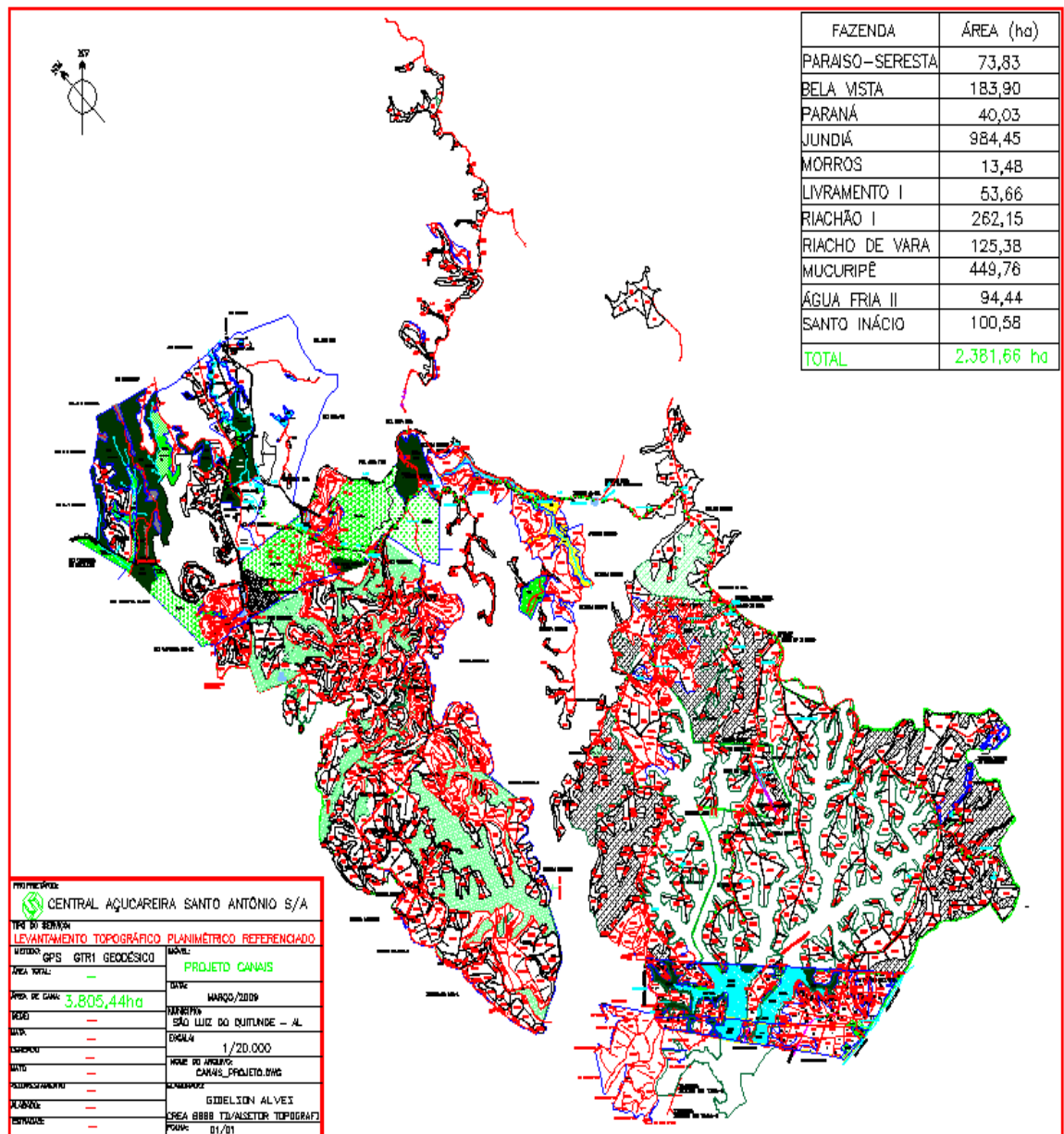
3.3 Projeto de fertirrigação

A cultura a ser fertirrigada será a cana-de-açúcar, a qual é utilizada como matéria prima para a fabricação de etanol, o projeto em questão encontra-se inserido na bacia do Rio Quitunde conforme anteriormente referenciado.

No início do período de estudo, foram feitos levantamentos topográficos da área disponível para a fertirrigação e do local traçado para a construção da adutora. Após, foram retiradas amostras de solo da área cultivada, com o objetivo de se determinar os teores de potássio contidos no solo agrícola. Finalmente procederam-se as análises químicas da vinhaça da indústria para a determinação da quantidade média de potássio disponível.

A figura 5 mostra um mapa confeccionado em programa Autocad, onde localizam-se as fazendas cultivadas com cana-de-açúcar as quais estão inseridas no projeto de fertirrigação, perfazendo uma área total de 2.381,66 hectares.

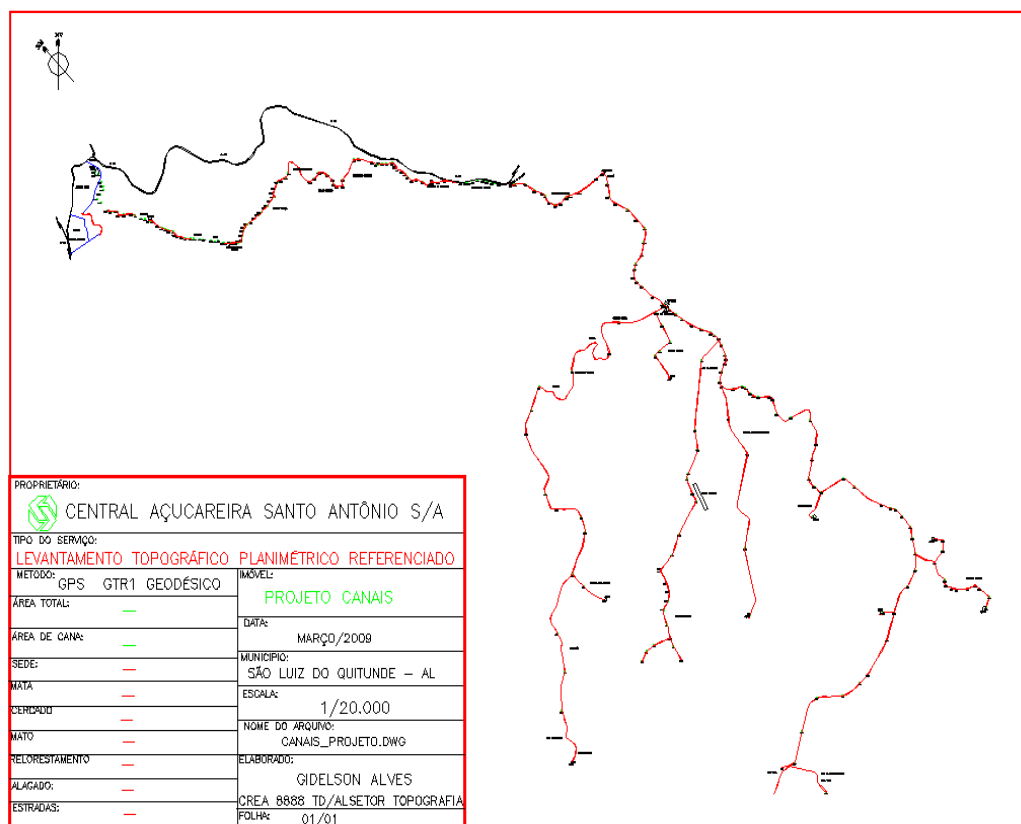
Figura 5 – Mapa da área do projeto em programa Autocad



Fonte: Usina Santo Antônio S/A.

De posse dos dados topográficos, confeccionou-se também em programa Autocad, o mapa de localização da adutora principal até o reservatório central e as linhas a serem cobertas pelo sistema de irrigação por aspersão (“Sistema Carretel”), em acordo com o mapa anterior. A figura 6 mostra o mapa aqui descrito.

Figura 6 – Mapa do traçado planejado para a adutora (em Autocad).



Fonte: Usina Santo Antônio S/A.

3.3.1 Período de funcionamento do sistema

A operação do sistema de fertirrigação ocorrerá em um período sazonal, ou seja, o seu funcionamento ocorrerá imediatamente após a colheita da cultura (conhecido como “período de safra”), que coincide com o período de estiagem na região, quando há um conseqüente déficit hídrico.

A adutora funcionará durante 92 dias efetivos. O turno de funcionamento é de 20 horas por dia, com um regime de 02 turnos de 7 horas e um de 6 .

3.3.2 Mão de obra operacional envolvida no projeto

De acordo com o período de funcionamento descrito acima, a mão de obra necessária para operar o sistema será composta por: 3 operadores de eletro bomba os quais trabalharão nos 3 turnos supracitados e 1 encarregado geral com qualificação técnica para gerenciar todo o sistema. A tabela 5 mostra um resumo da mão de obra necessária para a operação da adutora.

Tabela 5 – Resumo da mão de operacional da adutora

Período	Operador de eletro bomba	Encarregado	Total
Safra	3	1	4
Entressafra		1	1

Fonte: Autor.

3.3.3 Perdas no sistema

Segundo GREEN (2003), durante o período de crescimento das plantas dependendo de vários fatores tais como: o estágio vegetativo da cultura, das características físicas do solo, da umidade do solo no início da irrigação, do fracionamento da aplicação da lâmina total demandada, do tipo de equipamento e da forma de irrigação, da umidade relativa do ar e velocidade do vento (fatores ligados a evapotranspiração), de 50 a 80% do total das entradas de água podem ser perdidas por vários processos, como por exemplo, a percolação.

No estudo proposto, a irrigação será feita utilizando-se o sistema de aspersão, os aspersores (canhões hidráulicos) serão do tipo unidades móveis. O equipamento de irrigação foi escolhido dentre várias opções ofertadas pelo mercado, à escolha teve como base a experiência prévia vivenciada pela indústria objeto deste estudo, a qual constatou na prática a boa adequação daquele em questões consideradas muito importantes, tais como: i) o transporte, montagem e manejo do equipamento no campo; ii) a forma de aplicação da vinhaça, principalmente em relação à altura dos aspersores que possibilitam o seu uso em diversas fases vegetativas da cultura da cana-de-açúcar; iii) as necessidades hídricas da cultura na região estudada; iv) o sistema dispensa a necessidade de filtragem da água; v) apresenta um menor custo de investimento em relação a outros equipamentos; e vi) opera em área irregulares.

O fabricante do equipamento de irrigação escolhido denomina-o de “sistema carretel”.

No estudo de caso, as perdas consideradas no sistema de irrigação por aspersão, seguiram as recomendações do fabricante do equipamento proposto, que em suas especificações técnicas consideram as perdas de água ocorridas durante a operação do sistema na ordem de 25%, portanto, dentro das margens de perdas encontradas na literatura conforme citado acima.

3.3.4 Análise química da vinhaça do reservatório da indústria

As amostras líquidas de vinhaça coletadas no reservatório da indústria foram analisadas em laboratório para a determinação das quantidades de seus principais componentes, especialmente em relação ao teor de potássio, elemento químico mais abundante naquele efluente.

Nas várias amostras de vinhaça coletadas, o teor médio de potássio encontrado foi da ordem de 1,64 kg de K_2O \ m³.

3.3.5 Cálculo do volume de vinhaça a ser aduzido

3.3.5.1 Análises de solos

Conforme já comentado, o potássio é o principal componente químico contido na vinhaça, portanto, é o elemento limitante para a fertirrigação das culturas. Sabendo-se disso e visando-se uma correta avaliação do teor daquele elemento químico, foram feitas 28 amostragens do solo agricultável no terreno estudado.

Os resultados das determinações químicas dos teores de potássio contidos no solo da área objeto do estudo permitiram o necessário conhecimento da concentração daquele, para uma correta recomendação técnica de adubação.

No laboratório, para a determinação do teor de potássio contido nas amostras de solo, utilizou-se o método de “Extração por Mehlich”, recomendado pela EMBRAPA (1997).

A tabela 6 mostra os resultados obtidos pelas análises de solo em relação aos teores de potássio.

Tabela 6 – Teores de potássio encontrados no solo

Determinações	Teor médio (ppm)	Data da amostragem	Quantidade de amostras coletadas
Potássio solúvel em água	58,94	24/11/2008	18
Potássio solúvel em água	41,4	11/12/2008	10

Fonte: Central Analítica Ltda – Usina Santo Antônio S/A.

3.3.5.2 Recomendações para a adubação

Segundo MALAVOLTA (1974), geralmente exprime-se a concentração dos cátions em partes por milhão (ppm) que podem corresponder a miligramas por kilograma (mg/kg) ou em miliequivalentes por cem gramas (meq/100g), por exemplo. Em relação ao potássio, representado pelos cátions K^+ , estes têm uma carga positiva que corresponde a 1 equivalente.

Nas análises de solos 1 miliequivalente de K por 100 gramas é igual a 39 miligramas de potássio por cem gramas ou 390 miligramas de potássio por kilograma, que finalmente correspondem a 390 partes por milhão. As unidades mais usadas que se correspondem em análises de solos são:

$$1 \text{ meq de K/100g} = 39 \text{ mg de K/100g};$$

$$39 \text{ mg de K/100g} = 390 \text{ mg de K/kg};$$

$$390 \text{ mg de K/kg} = 390 \text{ ppm de K}.$$

Onde, meq representa a unidade miliequivalente; K é o símbolo do elemento químico potássio; g é o símbolo de gramas e mg de miligramas; Kg representa kilograma e ppm é a unidade que corresponde a partes por milhão.

O equilíbrio de cátions no solo deve sempre ser mantido, em relação ao teor de potássio, é considerado como ótimo um valor correspondente a 5% da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo.

Um ppm ou parte por milhão de solo é igual a um miligrama por kilo de solo. Logo, uma camada de 20 centímetros de solo em um hectare, que corresponde a um quadrado de 100 por 100 metros, representa um volume de:

$$100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 2.000 \text{ m}^3 \text{ ou } 2.000.000 \text{ litros};$$

O volume de 2.000.000 litros de solo corresponde a uma massa de 3.000.000 de kg, portanto, 1 ppm em um hectare de solo é igual a 3.000.000 mg ou 3 kg/ha. Logo, um solo com 100 ppm de K contém 300 kg de K ou ainda 360 kg de K_2O por hectare.

O potássio é um elemento que tem uma alta solubilidade quando na solução do solo, sendo que a textura deste tem grande influência sobre a disponibilidade daquele para as culturas, devido às diferenças entre os poderes de fixação de cátions pelos diversos materiais que compõem o solo.

Em um solo arenoso o potássio aplicado através da adubação estaria mais disponível para as plantas, embora seja mais sujeito a lixiviação, devendo a sua aplicação ser dividida em mais de uma vez conforme a necessidade da cultura.

Nos solos argilosos a retenção do potássio é muito mais forte por conta das cargas negativas da argila que tornam este elemento relativamente pouco disponível para a cultura. Nestes tipos de solos dependendo da espécie cultivada e da fase vegetativa desta, que estão relacionadas às quantidades de nutrientes requeridas durante aquela fase ou mesmo ciclo, algumas vezes há a necessidade de se aplicar de 30% até 100 % a mais de potássio para compensar a fixação deste elemento pela argila, tornando-o assim mais disponível para as plantas conforme as necessidades imediatas das mesmas.

A tabela 7 mostra as quantidades de potássio que devem ser disponibilizadas para a cultura da cana-de-açúcar como recomendação técnica de adubação.

Tabela 7 - Recomendação técnica de adubação potássica para a cultura da cana-de-açúcar de acordo com resultados obtidos em análises de solos.

Ciclo	Quantidade em kg de K ₂ O /ha conforme a concentração de K em ppm				
	< 40 ppm K	40-80 ppm K	80-130 ppm K	130-260 ppm K	> 260 ppm K
Cana planta	190	160	100	70	0-50
Cana soca	200	170	110	80	0-50

Fonte: MALAVOLTA (1981).

Conforme mostrado na tabela 6, os teores médios de potássio contidos nas 28 amostras de solo coletadas, ficaram entre 41 e 59 ppm. Considerando-se que durante o ciclo da cultura, na prática a indústria fertirriga no primeiro ano a cana que foi plantada (cana planta), e nos 5 ou 6 anos seguintes a rebrota do canavial (cana soca), para um resultado mais próximo do real, a adubação recomendada seria da ordem de 170 Kg de K₂O /ha.

3.3.5.3 Considerações adotadas

De acordo com o que foi exposto acima, a recomendação técnica para a adubação da área quanto ao elemento químico potássio é de 170 Kg de K₂O /ha, todavia, considerou-se uma tolerância para mais na quantidade de potássio a ser aduzida, por conta de três fatores:

A indústria pretende ampliar a área a ser fertirrigada já que há sobra na disponibilidade de vinhaça;

- Existe um fomento pela introdução de novas variedades mais produtivas, as quais têm uma tendência para o aumento da exportação de potássio do solo, como consequência natural do incremento de produtividade a ser introduzido por essas novas cultivares;
- O investimento inicial é relativamente alto e o horizonte do projeto é de 10 anos, fatos que remetem a considerações a respeito da disponibilidade de áreas vizinhas ao projeto que pertencem à indústria, e que podem ser no futuro beneficiadas pelo investimento feito na adutora.

Diante do exposto, a adutora não pode correr o risco de ficar subdimensionada, comprometendo-se a intencional expansão da área fertirrigada por parte da indústria.

Entretanto, de acordo com TROEH et al. (2007), a água de irrigação lixívia o potássio do solo e aumenta as necessidades da planta pelo potencial de produtividade aumentado. Portanto, a possibilidade do risco de se aumentar a lixiviação do potássio ao longo do tempo com o contínuo uso da fertirrigação por vinhaça deve ser considerada e conseqüentemente evitada.

Assim sendo, no dimensionamento da adutora, não devendo ser diferente, considerou-se como o critério mais importante, o aspecto ambiental, com esse cuidado os parâmetros considerados como base para os cálculos do presente estudo, basearam-se na Legislação existente em relação à disposição de vinhaça no solo.

Devido à ausência de Legislação Federal específica, buscaram-se outras fontes de informações nas Legislações Estaduais, estando o Estado de São Paulo na vanguarda no que concerne a regulamentação das quantidades daquele efluente que devem ser aplicadas para fins agrícolas. Assim sendo, a Norma CETESB P.4231 dispõe detalhadamente sobre o uso da vinhaça, determinando um limite para a quantidade deste efluente a ser aplicada no solo.

É considerado um fator limitante a quantidade de potássio que deve ser aplicada no solo conforme descrito abaixo.

A norma CETESB P.4231 (2005), dispõe sobre os limites da aplicação de vinhaça, de acordo com os seguintes parâmetros:

- O potássio é o elemento químico em maior abundância na vinhaça, portanto, é o fator limitante para o uso do efluente como fertilizante;
- O teor de potássio aplicado não pode ultrapassar 5% da capacidade de troca catiônica do solo (CTC);

- Após atingir o limite de 5 % da capacidade de troca catiônica do solo, o teor de potássio aplicado deve se manter em 185 Kg de óxido de potássio (K_2O) por hectare por ano, quantidade que a cultura da cana-de-açúcar extrai anualmente do solo, limitando-se a reposição a mesma quantidade da extração.

No dimensionamento da adutora, considerou-se a possibilidade da mesma operar com a capacidade máxima permitida pela legislação (CETESB P.4231) para a fertirrigação com vinhaça em cana-de-açúcar, o que limita o teor de potássio a ser aplicado no solo em 185 kg de óxido de potássio (K_2O) por hectare por ano, que é a quantidade de potássio extraída do solo pela cultura.

3.3.5.4 Cálculo da quantidade de vinhaça a ser aplicada

Após realizadas várias análises químicas da vinhaça, verificou-se que a média de óxido de potássio contida na vinhaça da indústria é de 1,64 Kg de K_2O/m^3 , como a recomendação de aplicação máxima na portaria CETESB P.4231 é de 185 kg de óxido de potássio (K_2O) por hectare por ano, o volume de vinhaça a ser aplicado, é determinado pela equação 1:

$$V = Qp \div Qk \quad (1)$$

Onde:

V - volume de vinhaça a ser aplicado por hectare por ano de acordo com a portaria CETESB P.4231 ($m^3/ha/ano$);

Qp - quantidade de potássio permitida pela portaria P.4231 (Kg de $K_2O/ha/ano$);

Qk - quantidade de potássio na vinhaça da indústria (Kg de K_2O/m^3).

Donde:

$$V = 185 \text{ kg de } K_2O/ha/ano \div 1,64 \text{ Kg de } K_2O/m^3$$

$$V = 113 \text{ m}^3 \text{ de vinhaça/ha/ano (+ 12 mm)}$$

Considerando as perdas do sistema de irrigação (sistema carretel) da ordem de 25%, o volume de vinhaça aduzido de acordo com a equação 2 será:

$$V_f = V + 25\%V \quad (2)$$

Onde:

V_f – volume final de vinhaça a ser aplicado por hectare, considerando as perdas do sistema de fertirrigação na ordem de 25% ($m^3/ha/ano$);

V – volume de vinhaça a ser aplicado por hectare de acordo com a portaria CETESB P.4231 ($m^3/ha/ano$);

$$V_f = 113 + 28,25$$

$$V_f = 141,25 \text{ m}^3 \text{ de vinhaça/hectare/ano.}$$

A área a ser irrigada é de 2.381,66 hectares, portanto o volume total a ser aduzido será:

$141,25 \text{ m}^3 \text{ de vinhaça/ha} \times 2.381,66 \text{ hectares} = 336.409,47 \text{ m}^3$ para irrigar a área total.

A destilaria produz $4.270 \text{ m}^3/\text{dia}$, portanto, o volume demandado para fertirrigar a área do projeto corresponde a aproximadamente 79 dias de produção da destilaria.

3.3.6 Cálculo da vazão contínua do projeto

A indústria prefere trabalhar com uma tolerância para mais no volume de vinhaça aduzida, devido aos fatores citados anteriormente, entre eles o fato de a área a ser fertirrigada tender a ser ampliada.

Conforme calculado, o volume de vinhaça por hectare é de 11,3 mm ou $\pm 12 \text{ mm}$, que corresponde à lâmina líquida a ser aplicada sem considerar as perdas de água ocorridas durante a operação do equipamento.

A eficiência adotada na condução da vinhaça no sistema pressurizado (adutora) será de 100%.

Logo, as perdas a se considerar na operação do sistema de irrigação (sistema carretel) conforme critério adotado, serão conforme já calculado da

ordem de 25%, portanto a lâmina bruta a ser aplicada considerando as perdas é 14,12 mm, ou para efeitos práticos e em acordo com a planejada e exposta intenção de ampliar a área de irrigação no médio prazo, considerar-se-á para efeito de cálculo da adução como a lâmina bruta sendo de 15 mm.

Onde a vazão demandada será:

$$15 \text{ mm} \times 10.000 \text{ l} \times 2.381,66 \text{ ha} \div 92 \text{ dias} \div 20 \text{ horas} = 194 \text{ m}^3\text{/h}$$

Sendo, por conseguinte a vazão contínua por hectare igual a 0,08145 m³/h/ha, que corresponde a 194 m³/h ÷ 2.381,66 hectares.

3.3.7 Lâmina de fertirrigação demandada de acordo com o manejo proposto para a situação de maior consumo de água pela cultura

A tabela 8 mostra um resumo dos dados obtidos com os cálculos para a obtenção da vazão da adutora, como também a proposta de distribuição mensal da vinhaça, de acordo com: o período de colheita, processamento e industrialização da cultura; E principalmente em conformidade com a época de maior necessidade hídrica da cana-de-açúcar.

Tabela 8 – Distribuição da fertirrigação mensal da vinhaça

Período de irrigação:

92 dias

Turno de trabalho:

20 h/dia

Meses	Dias de Irrigação	Lamina de Irrigação (mm)		Área (ha)	Vazão (m ³ /h)
		Liquida	Bruta		
Setembro	0	0	0	2.381,66	0
Outubro	31	4	5	2.381,66	192
Novembro	30	4	5	2.381,66	199
Dezembro	31	4	5	2.381,66	192
Janeiro	0	0	0	2.381,66	0
Fevereiro	0	0	0	2.381,66	0
Total	92	12	15	2.381,66	194

Fonte: Autor.

3.3.8 Dimensionamento de adutoras

Segundo AZEVEDO NETO (1998), um critério básico para dimensionar uma adutora é a velocidade máxima, que não deve ultrapassar 2 m/s. Este limite é estabelecido para evitar:

- Sobrepressão elevada quando há interrupção do fluxo (golpe de Aríete);
- Vibrações na tubulação que reduzem a vida útil;
- Perda de pressão excessiva já que a mesma é diretamente proporcional à velocidade da água.

De acordo com o mesmo autor, costuma-se também estabelecer um limite mínimo de velocidade para evitar a deposição de partículas que possam estar presentes na água. Em geral, 0,5 m/s são suficientes.

3.3.9 Cálculo da velocidade

Em relação ao diâmetro da adutora e em acordo com a disponibilidade de tubos comerciais optou-se pelo diâmetro de 350 mm. Ainda segundo AZEVEDO NETO (1998), a velocidade do escoamento pode ser obtida quando se tem a vazão da adutora usando-se a equação da continuidade, a qual esta descrita abaixo através da equação 3.

Equação 3 – Equação da continuidade:

$$Q = V \cdot A \tag{3}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Sendo:

Q - vazão

V – velocidade

A - área

D - diâmetro da adutora

A vazão e o diâmetro devem ser convertidos para o SI (sistema internacional):

$$Q = 194 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 194 \div 3.600 \text{ s} = 0,05388 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 35 \text{ mm ou } 0,35 \text{ m}$$

$$V = 0,05388 / [3,14 \times (0,35)^2] \div 4$$

$$V = 0,56 \text{ m/s}$$

3.3.10 Cálculo da Perda de Carga Distribuída

Existem diversas fórmulas disponíveis na literatura para a efetuação de cálculos com o objetivo de determinar as perdas de carga contínuas ocorridas no escoamento em dutos, escolheu-se a “Fórmula Universal da Perda de Carga” pelas seguintes razões:

De acordo com AZEVEDO NETO (1998), as abordagens científicas referentes às relações físicas que regem o escoamento em tubulações usando a “Fórmula Universal” datam do século XIX, porém continuam sendo largamente utilizadas em trabalhos científicos atuais, pois essa fórmula considera o coeficiente de atrito “f” em sua composição, dando uma melhor precisão aos resultados dos cálculos efetuados para dimensionar escoamentos em dutos, o que nem sempre acontece quando se usa fórmulas empíricas.

A norma NBR12215 da ABNT (1991) recomenda o uso da “Fórmula Universal” para o cálculo de adutoras em sistemas de distribuição de água, embora as fórmulas empíricas sejam largamente utilizadas por projetistas, por serem normalmente mais ágeis.

A utilização da fórmula de Darcy-Weisbach para a determinação das perdas de carga em adutoras pressurizadas que operam em regime turbulento, como a do presente estudo, também é recomendada por LINSINGEN (2001), o qual afirma que as perdas de carga calculadas através daquela, terão resultados com melhor acurácia. Todas essas razões levaram a escolha da “Fórmula Universal” entre as inúmeras encontradas na literatura, a equação 4 descrita abaixo define a referida fórmula.

Equação 4 - Equação de Darcy-Weisbach ou fórmula universal da perda de carga.

$$\Delta H = Cf \cdot (L/D) \cdot (v^2/2g) \tag{4}$$

Onde:

ΔH – Perda de carga;

C_f - coeficiente de atrito ou fator de resistência;

L - comprimento da tubulação (m);

D - diâmetro da tubulação (m);

v - velocidade média do escoamento (m/s);

g – constante da aceleração da gravidade (9,81 m/s²).

O cálculo da área (A) foi feito de acordo com a equação 5:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (5)$$

$$A = \frac{\pi \cdot (0,35)^2}{4}$$

$$A = 0,096209 \text{ m}^2$$

$$V = 0,56 \text{ m/s}$$

De acordo com GOMES (1999), quando o número de Reynolds é maior ou igual a 4000, caracterizando assim um regime turbulento, o cálculo do coeficiente de atrito (C_f) pode ser determinado por meio da fórmula de Colebrook e White, descrita abaixo pela equação 6, onde:

$$C_f = 0,25 \div [\log[(\varepsilon/3,7D) + (5,74/Re^{0,9})]]^2 \quad (6)$$

Em que:

ε = rugosidade absoluta do material do duto em mm (nesse caso, aço ou ferro galvanizado = 0,15 mm ou $0,15 \times 10^{-3}$);

Re - número de Reynolds, número adimensional, que é o parâmetro que indica o regime do escoamento, determinado através da equação 7 demonstrada abaixo:

$$Re = u \cdot Dh / \nu \quad (7)$$

Onde: u = velocidade média (0,56 m/s); Dh = diâmetro interno da adutora (área/perímetro); ν = viscosidade cinemática à 20°C ($1,01 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$).

O diâmetro interno é representado pela equação 8, demonstrada abaixo:

$$Dh = \frac{\text{Área}}{\text{Perímetro}} \quad (8)$$

Onde o Perímetro (P) é definido na equação 9, a seguir:

$$(P) = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (9)$$

Sendo r o raio do duto;

$$\text{Diâmetro (D)} = 0,35 \text{ mm} \quad \therefore r = D \div 2$$

$$r = 0,35 \div 2$$

$$r = 0,175 \text{ m}$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot 0,175$$

$$P = 1,09953 \text{ m}$$

$$Dh = 0,096209 \div 1,09953$$

$$Dh = 0,0875$$

$$Re = (0,56 \times 0,0875) \div (1,01 \times 10^{-6})$$

$$Re = 48.514,8515$$

O valor obtido acima para o número de Reynolds confirma segundo GOMES (1999), o fato de o regime ser turbulento ($Re \geq 4000$), o que já foi mencionado na descrição da fórmula para o cálculo do coeficiente de atrito.

$$\text{Logo, } Cf = 0,25 \div [\log[(0,15 \times 10^{-3} / 3,7 \times 0,35) + (5,74 / 48.514,85^{0,9})]]^2$$

$$Cf = 0,022496$$

Aplicando-se a fórmula universal da perda de carga (equação 4), obtem-se:

$$\Delta H = 0,022496 \times (10964 / 0,35) \times (0,56 / 2 \times 9,81)^2$$

$$\Delta H = 11,26 \text{ m}$$

Segundo GOMES (2004), as perdas de carga localizadas, são estimadas na prática atribuindo-se um percentual as perdas totais por atrito da rede de tubulações, essa porcentagem normalmente varia entre 5 e 15% não considerando as perdas de carga localizadas ocasionadas nas peças especiais de regulação e controle da rede hidráulica. Tais peças ou

equipamentos (filtros, reguladores de pressão, limitadores de pressão, etc.) produzem perdas acentuadas que devem ser consideradas no cálculo total da carga requerida pelo sistema.

No presente trabalho, para efeito de cálculos, estimaram-se as perdas de cargas localizadas como sendo 20% das perdas contínuas, objetivando minimizar os possíveis erros supracitados na contabilidade das perdas. Levou-se em conta um percentual que possa incluir as perdas ocorridas nas peças especiais de regulação e controle a serem instaladas na adutora. Logo, devido à ausência dos dados das conexões, no cálculo final das perdas de carga localizadas, foi considerado o percentual de 20% como sendo o mais adequado ao projeto em questão, evitando-se assim um subdimensionamento do sistema, que neste caso específico é mais indesejável do que o seu oposto.

$$\text{Perdas de carga localizadas } (\Delta H_{loc}) = 20\% \times 11,26 \text{ m}$$

$$\Delta H_{loc} = 2,252 \text{ m}$$

3.3.11 Cálculo das perdas de cargas totais

De acordo com a equação 10, as perdas de cargas totais são o produto do somatório das perdas de cargas contínuas, mais as perdas de cargas localizadas.

$$\Delta H_{Total} = \Delta H_{cont} + \Delta H_{loc} \quad (10)$$

$$\Delta H_{Total} = 11,26 \text{ m} + 2,252 \text{ m}$$

$$\Delta H_{Total} = 13,51 \text{ m}$$

3.3.12 Cálculo da altura manométrica total

A adutora inicia no reservatório de vinhaça ao lado da destilaria tendo como cota 16,86 metros e termina no local onde vai ser construído o reservatório para distribuição da vinhaça na lavoura, que se situa na maior cota da área a ser fertirrigada aos 100,64 metros. A altura manométrica será determinada pela equação 11.

$$H_m = H_g + \Delta H \quad (11)$$

Em que:

Hm - altura manométrica total

Hg - desnível (Cota 100,64 m – 16,86 m = 83,78m);

ΔH - perda de carga total (13,51 m);

Hm = 83,78 m + 13,51 m

Hm = 97,29 m

3.3.13 Cálculo da Potência Exigida

A equação 12 define a obtenção da potência exigida.

$$PH = s . g . Q . Hm \quad (12)$$

Sendo:

PH - potência exigida em Watts

S – densidade absoluta da água ($\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$);

g - constante da aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$);

Q - vazão ($0,05388 \text{ m}^3/\text{s}$);

Hm - altura manométrica total (97,29 m).

PH = $1000 \times 9,81 \times 0,05388 \times 97,29$

PH = 51423,87 Watts ou PH = 69,96 CV

3.3.14 Cálculo da potência da bomba de acordo com o rendimento

Considerando-se um rendimento de 77% a Potência da bomba (Pb) será obtida pela equação 13.

$$Pb = \text{potência exigida (PH)} \div \text{rendimento} \quad (13)$$

Pb = $51423,87 \text{ W} \div (77 \div 100)$

Pb = 66784,25 W

Pb = 66784,25 W $\div 735$

$$P_b = 90,86 \text{ CV}$$

O motor elétrico disponível no mercado é da marca WEG, com um rendimento de 90%.

Logo, a potência a ser instalada (P) será calculada de acordo com a equação 14.

$$P = P_b \div R \quad (14)$$

Sendo:

P – potência a ser instalada;

P_b – potência da bomba;

R – rendimento do motor elétrico.

$$P = 90,86 \div (90 \div 100)$$

$$P = 100,96 \text{ CV}$$

Portanto, o motor recomendado (disponível no mercado) é de 110 CV

A adutora será construída através da conexão de tubos de aço galvanizado medindo 6 metros de comprimento e 350 mm de diâmetro. De acordo com os dados topográficos levantados, o comprimento total da adutora é de 10.964 metros. Logo se dividindo esse valor por 6, que é o comprimento de cada tubo individual, obtém-se a quantidade de aproximadamente 1.828 tubos necessários para a montagem daquela. Há também a planejada colocação de 2 hidrantes para o caso da necessidade de eventuais retiradas de ar de dentro do sistema pressurizado.

3.3.15 Dimensionamento do reservatório

No estudo e elaboração do projeto de fertirrigação com vinhaça, incluiu-se a construção de um reservatório central revestido por “manta asfáltica”, com o objetivo de facilitar a distribuição da vinhaça no campo e evitarem-se possíveis escoamentos do efluente bombeado sobre a área irrigada. É digno de nota, o fato de incluir-se no orçamento do presente estudo, o orçamento

para a execução da obra de revestimento do reservatório já existente na indústria, também com material tipo “manta asfáltica”.

Através de vários levantamentos topográficos, elaborou-se 2 mapas topográficos usando-se o programa Autocad, quando então demarcou-se na cota 100,64 metros, no final da adutora, o local que foi considerado como o de melhor localização para a construção do reservatório central de vinhaça, escolhido então por duas razões: esta localizado em um dos pontos mais altos da área a ser irrigada, e encontra-se em um ponto bem referenciado para a apropriada distribuição do efluente em todo o perímetro irrigado.

No dimensionamento do reservatório, considerou-se como parâmetro inicial, a vazão projetada máxima de referência de 194 m³/h. Como o turno de trabalho da bomba é de 20 horas/dia, logo, o volume bombeado por dia será: 194 m³ x 20 horas, o que resulta em um volume diário de 3.880 m³.

Tomando como referência uma eficiência de operação no sistema de irrigação da ordem de 75% (eficiência adotada), e considerando-se às 24 horas disponíveis do dia, as horas efetivamente trabalhadas seriam o produto de: 24 horas x 75% de eficiência, o que resulta em 18 horas efetivas de trabalho.

Sendo na hipótese acima e apenas para efeito dos cálculos do dimensionamento do reservatório, o volume efetivamente irrigado por dia totalizaria: 18 horas x 194 m³/h, resultando em 3.492 m³.

Neste caso a diferença de volume a armazenar seria: o volume bombeado (3.880 m³), menos o volume efetivamente irrigado (3.492 m³), sobrando um saldo de 388 m³/dia para ser armazenado. No estudo considerar-se-á um período de 5 dias de defasagem quando acumular-se-á um saldo correspondente ao volume de vinhaça bombeado e não efetivamente utilizado.

Esse volume acumulado equivale à: 5 dias x 388 m³/dia, totalizando-se 1.940 m³ de vinhaça, ou seja, para uma eficiência (margem de segurança) de irrigação de 75% no período de 24 horas do dia, é necessário um reservatório de aproximadamente 2.000 m³ para armazenar-se um possível volume de vinhaça não utilizado de 388 m³/dia, durante um período de 5 dias.

Este reservatório “pulmão” servirá de ponto de abastecimento para os canais secundários e para o próprio “sistema carretel” e evitará o possível

desligamento da eletrobomba em caso de subutilização da vinhaça. Em suma, o reservatório terá capacidade para exatos 50% do volume de vinhaça bombeado por dia.

O reservatório será em forma de um trapézio e a inclinação interna dos taludes será de 1(um) metro para 1,5 (um e meio) metro. Como o volume calculado é de aproximadamente 2.000 metros e o volume de um trapézio é determinado pela equação 15, onde:

$$VT = [(B+b) \div 2] \times h \times L \quad (15)$$

Sendo:

VT – volume de um trapézio (volume a se colocar no reservatório - m³);

B – a base maior do trapézio ou a largura superior do reservatório (m);

b – a base menor do trapézio (m);

h – a altura (profundidade) do reservatório (m);

L – o comprimento do trapézio (m);

Para efeito de cálculo, considerar-se-á o volume calculado como sendo 1.995 m³, logo as medidas do trapézio poderiam ser:

26 metros de largura superior; 16 metros de largura inferior; 2,5 metros de profundidade e 38 metros de comprimento. Onde:

$$1.995 \text{ m}^3 = [(26 \text{ m} + 16 \text{ m}) \div 2] \times 2,5 \text{ m} \times 38 \text{ m}$$

Acontece que, como o volume calculado de vinhaça a ser armazenado é de aproximadamente 2.000 m³ e na prática o reservatório tem que ter as dimensões maiores que o trapézio dimensionado acima, para melhor caber o volume de vinhaça desejado sem haver risco de escoamento. Sugere-se um aumento de 1(um) metro linear nas medidas de largura e comprimento e 0,5 (meio) metro na profundidade efetiva do reservatório.

Assim sendo, o reservatório escavado terá as seguintes dimensões:

27 metros de largura superior; 17 metros de largura inferior; 3,0 metros de profundidade e 39 metros de comprimento; Ou seja, as medidas da

escavação serão maiores que as medidas do trapézio anterior, o que acarretará em um aumento de volume no verdadeiro trapézio a ser escavado. Logo o volume sugerido na escavação será de:

$$2.574 \text{ m}^3 = [(27 \text{ m} + 17 \text{ m}) \div 2] \times 3,0 \text{ m} \times 39 \text{ m}$$

A tabela 9 resume as dimensões do reservatório de acordo com o que acaba de ser exposto.

Tabela 9 – dimensões para a escavação do reservatório central

DIMENSÕES	TEÓRICAS	NA ESCAVAÇÃO
Profundidade de vinhaça(m)	2,5	2,5
Profundidade efetiva (m)	2,5	3,0
Profundidade total(m)	2,5	3,0
Largura do fundo(m)	16	17
Largura superior(m)	26	27
Comprimento do fundo(m)	28	29
Comprimento superior(m)	38	39
Inclinação interna dos taludes	1,5 para 1	1,5 para 1
Volume do reservatório (m ³)	1.995	2.574

Fonte: Autor.

3.3.16 Equipamentos e custos

Os investimentos em maquinário, materiais elétricos, equipamentos e materiais de construção foram orçados através de três cotações de preços recebidas de três fornecedores diferentes já com frete incluso, tomando como base o menor preço encontrado. Os custos de mão de obra das obras civis foram orçados pelos preços do mercado regional, segundo o Sindicato da Construção Civil de Alagoas. Todas as cotações de preços, inclusive mão-de-obra, referem-se ao ano contábil de 2009.

De acordo com as recomendações do fabricante, o conjunto moto bomba será composto de: Eletrobomba, com bomba KSB ITA 150-500,

acoplada a um motor elétrico WEG com potência de 110 CV, IV pólos, com chave compensadora automática de 110 CV e 380 volts, com voltímetro, amperímetro e horímetro. Todo o conjunto, será acoplado a um chassi móvel de 4 rodas, com cobertura em alumínio e mangote de sucção de 8" com crivo ao pé.

Todos os custos foram levantados durante o período fiscal da safra 2008/2009 e são inerentes a região estudada.

A especificação dos equipamentos e a descrição das obras civis da adutora com os respectivos preços, estão detalhadas no anexo 1.

A tabela 10 apresenta o resumo dos investimentos conforme especificado no anexo 1.

Tabela 10 - Resumo dos investimentos

Item	Especificação	Valor Equip. (R\$)	Valor Infra-estrutura (R\$)	Valor Total (R\$)
1	Moto bombas estacionárias	45.000,00	0	45.000,00
2	Válvulas e acessórios	1.300,00	0	1.300,00
3	Material das adutoras	0	1.592.860,00	1.592.860,00
4	Material elétrico	0	232.000,00	232.000,00
5	Obras civis	0	64.641,00	64.641,00
	Total	46.300,00	1.889.501,00	1.935.801,00
	Área irrigada (ha)	2.381,66	2.381,66	2.381,66
	Investimento unitário (R\$/ha)	19,44	793,35	812,79

Fonte: Autor.

4 ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE ACORDO COM OS TRÊS CENÁRIOS PROPOSTOS

4.1 Cenário I

O cenário I contempla o investimento com capital próprio e taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, usando a tarifa de geração de energia pela própria indústria (cogeração) que custa 145,00 MWh, e um prazo de pagamento do financiamento de 10 anos, sem período de carência, com o início do pagamento a partir do primeiro ano.

4.1.1 Cálculos dos custos fixos para o cenário I

4.1.1.1 Depreciação

A depreciação dos equipamentos e obras civis é determinada em função da duração destes e do valor residual adotado para os diferentes componentes da adutora. A tabela 11 mostra os valores da depreciação anual daqueles, estimada através da equação 16.

$$DA = (VTI - (VTI \times VR/100)) \div D \quad (16)$$

Onde:

DA = depreciação anual

VTI = valor total do item (R\$);

VR = valor residual (%);

D = Duração (anos).

Tabela 11 – Depreciação anual dos equipamentos e obras civis

Item	Especificação	Valor do item	Valor residual %	Duração (anos)	Depreciação anual (R\$)
1	Motobomba elétrica	45.000,00	10	20	2.025,00
2	Válvulas/acessórios	1.300,00	10	15	78,00
3	Material da adutora	1.592.860,00	10	20	71.678,70
4	Material elétrico	232.000,00	15	25	7.888,00
5	Obras civis	64.641,00	0	25	2.585,64
	Valor total				84.255,34

Fonte: Autor.

4.1.1.2 Manutenção

A taxa de manutenção anual dos equipamentos e das obras civis da adutora foi estipulada em 2%, a tabela 12 especifica através de uma multiplicação direta, os diferentes valores contabilizados para a manutenção dos diversos itens que compõem o projeto.

Tabela 12 – Custo anual com a manutenção da adutora

Item	Especificação	Investimento (R\$)	Taxa de Manut. (%)	Custo Total (R\$)/ano
1	Motobombas elétricas	45.000	2	900,00
2	Válvulas e acessórios	1.300	2	26,00
3	Material das adutoras	1.592.860	2	31.857,20
4	Material elétrico	232.000	2	4.640,00
5	Obras civis	64.641,00	2	1.292,82
	Total	1.935.801,00		38.716,02

Fonte: autor.

4.1.1.3 Cálculo dos juros anuais de acordo com o Cenário I

O investimento considera uma taxa mínima de atratividade (taxa de retorno do capital investido) de 10% ao ano, portanto, os juros anuais sobre o capital investido (R\$1.935.801,00) correspondem a R\$ 193.580,10.

De posse dos resultados obtidos com os cálculos dos custos fixos para o cenário em estudo, elaborou-se a tabela 13 demonstra o resultado obtido.

Tabela 13 – Resumo dos custos fixos

Item	Especificação	Valor (R\$)
1	Depreciação anual	84.255,34
2	Manutenção anual	38.716,02
3	Juros anuais	193.580,10
	Total (custos fixos anuais)	316.551,46

Fonte: Autor.

4.1.2 Custos Variáveis

4.1.2.1 Mão de obra

Os custos anuais com a mão de obra para a operação da adutora resumem-se aos custos com um encarregado e três operadores de moto bomba, os quais foram estimados de acordo com o período trabalhado.

Os valores da mão de obra foram levantados na Usina Santo Antônio S/A conforme determinou o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de São Luís do Quitunde, Alagoas, para o ano contábil de 2009, aqueles estão expostos no anexo 2, onde há uma tabela com os preços de mão de obra, de acordo com a qualificação do empregado.

Quanto ao custo com o encarregado técnico de nível médio responsável pela operação da adutora, foram feitas as seguintes considerações: o encarregado trabalharia 8 horas, todavia, estaria teoricamente de plantão por mais 4 horas, devendo-se, portanto, paga-lo um total de 12 horas trabalhadas.

Como o período de trabalho do encarregado é de 365 dias, o qual inclui folgas e férias remuneradas, deve-se contabilizar como período trabalhado: 365 dias x 12 horas/dia, que resulta em 4.380 horas trabalhadas por ano. Multiplicando-se o período trabalhado por R\$ 13,50, que é o preço da hora trabalhada (conforme anexo 2), obtêm-se o valor de R\$ 59.130,00 o qual corresponde ao custo com o encarregado da adutora.

Em relação aos 3 operadores de moto bomba, estes trabalham 8 horas/dia cada, por um período de 92 dias, logo o tempo total trabalhado corresponde a 2.208 horas, como nesse caso o valor da hora trabalhada (anexo 2) é de R\$ 5,50/hora, o custo com os operadores seriam da ordem de R\$ 12.144,00.

A tabela 14 mostra o resumo dos custos com a mão de obra necessária para a operação da adutora.

Tabela 14 – Custos operacionais com mão de obra

Custo com o encarregado	59.130,00
Custo com os operadores de motobomba	12.144,00
Custo total com mão de obra	71.274,00

Fonte: Autor.

4.1.2.2 Custo com energia elétrica no cenário I

A adutora funcionará em um período sazonal, durante a safra (colheita) da cana-de-açúcar que ocorre no período de estiagem, quando há um déficit hídrico no solo. Neste período, acontece a geração de energia elétrica pela indústria, através da combustão do bagaço de cana subproduto da moagem de cana.

A operação da adutora ocorrerá durante 92 dias consecutivos nos meses de outubro, novembro e dezembro. O turno de funcionamento será de 20 horas por dia, em um regime de 02 turnos de 7 horas e um de 6.

Para este cenário, o preço da tarifa da energia elétrica é de R\$ 145,00 MWh, logo, dividindo-se esse valor por 1000 obtém-se o custo em kWh, que corresponde a R\$ 0,145/kWh. Como a potência a ser instalada é de 110 CV, tem-se o consumo de energia elétrica determinado pela equação 17:

$$C = P \times 0,736 \times T \times t \times 0,75 \quad (17)$$

Onde:

C = consumo de energia elétrica anual da adutora (kWh),

P = potência instalada (CV);

0,736 = número utilizado para a conversão de CV em kWh;

T = período (dias);

t = turno diário (h);

0,75 = número usado para ajustar a eficiência do sistema de irrigação, estimada em 75%.

Logo: $C = 110 \times 0,736 \times 92 \times 20 \times 0,75$

$C = 111.846,2 \text{ kWh}$

Donde, o custo total com energia elétrica em reais será o produto do consumo pelo preço da tarifa, então:

Custo Total = $111.846,2 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,145/\text{kWh}$; que corresponde a R\$ 16.217,70. Concluindo-se, a despesa total anual da adutora com energia elétrica será da ordem de R\$ 16.217,70.

De acordo com o exposto, a tabela 15 mostra o resumo dos custos totais para o cenário I.

Tabela 15 – Custos fixos e variáveis para o cenário I

Custos fixos	Valor (R\$)
Depreciação	84.255,34
Manutenção	38.716,02
Juros	193.580,10
Subtotal custos fixos	316.551,46
Custos variáveis	Valor (R\$)
Mão de obra	71.274,00
Energia elétrica	16.200,10
Subtotal custos variáveis	87.474,10
Custos Totais	404.025,56

Fonte: Autor.

O custo por hectare da adução de vinhaça será a divisão do custo total (R\$ 404.025,56) pelo número de hectares do projeto (2.381,66 ha), que resulta em R\$ 169,64/ha/ano, ou dividindo-se esse valor pela lâmina de 15 mm, o mesmo custo passa a ser representado como sendo R\$ 11,31/ha/mm.

Quanto ao transporte de vinhaça por caminhões, foram realizadas 8.514 viagens durante o período de safra, com um custo total da ordem de R\$ 1.202.816,00. Cada caminhão carregou 40 m³ por viagem, portanto, foram transportados 340.560 m³ de vinhaça. A lâmina recomendada é de 15 mm ou 150 m³/ha. Logo, o volume de 340.560 m³ dividido por 150 m³/ha, corresponde ao tamanho da área fertirrigada a qual totaliza 2.270,4 hectares. O valor do custo total com o transporte (R\$ 1.202.816,00), dividido por essa área, resulta no custo anual de R\$ 529,78/ha, ou ainda, dividindo-se esse valor por 15 mm, obtém-se um custo de R\$ 35,32/mm. Note-se que o custo do transporte por caminhões, corresponde a mais de 3 vezes o custo da vinhaça aduzida de acordo com o cenário I.

4.1.3 Cálculos das receitas

De acordo com as informações obtidas na Usina Santo Antônio S/A, nas últimas 5 safras o rendimento médio em açúcares totais recuperáveis (ATR) por tonelada de cana foi da ordem de 135 kg. Ainda segundo a companhia, para o efeito de projeções de faturamento, a produção industrial média corresponde à: 2,5 sacos de 50 kilos de açúcar por tonelada de cana processada ou 85 litros de etanol.

A tabela 16 mostra os preços das principais matérias primas e produtos utilizados no processo de fabricação de açúcar e álcool (ano fiscal 2009).

Tabela 16 – Preços de matérias primas e produtos da indústria

Diesel (R\$/l)	1,89
Açúcar (R\$/saco 50 kg)	44
Etanol (R\$/m ³)	745
Cana na esteira da indústria (R\$/ton)	43

Fonte: Usina Santo Antônio S/A.

4.1.3.1 Receitas diretas

4.1.3.1.1 Receita com o aumento da área

Conforme o que foi exposto, o rendimento em açúcares totais recuperáveis (ATR) por tonelada de cana é de 135 kg, sendo produzidos 2,5 sacos de 50 kilos de açúcar por tonelada de cana processada na indústria ou 85 litros de etanol.

De acordo com a usina, foram realizadas ao todo 8.514 viagens de caminhão durante o período de safra, como cada caminhão carrega 40 m³ por viagem, foram transportados 340.560 m³ de vinhaça. Segundo os cálculos efetuados, a lâmina recomendada é de 15 mm ou 150 m³/ha. Portanto, o volume transportado de 340.560 m³ dividido por 150m³/ha, corresponde a 2.270,4 hectares, que seria a área irrigada com o transporte de vinhaça por caminhões.

Conforme calculado, após a implantação da adutora a área fertirrigada passaria a ser 2.381,66 hectares, o que acarretaria em um acréscimo de 111,26 hectares na área fertirrigada em comparação ao transporte de vinhaça por caminhões. Este incremento na área fertirrigada proporcionará um aumento na receita de acordo com os cálculos obtidos pela equação 18.

$$R = A \times P \times S \times p \quad (18)$$

Onde:

R – receita obtida com o aumento da área fertirrigada (R\$);

A – área incrementada com a implantação da adutora (ha);

P – quantidade de cana produzida por hectare (86,84 ton/ha/ano);

S – quantidade de sacos de açúcar produzidos por tonelada de cana processada (2,5 sacos/ton);

P – preço do saco de açúcar obtido pela indústria em 2009 (R\$).

Logo,

$$R = 111,26 \times 86,84 \times 2,5 \times 44$$

R = R\$ 1.062.800,20 de receita adicional.

As receitas diretas estão relacionadas a um aumento na produção de açúcar proporcionado pelo incremento de 111,26 hectares na área total fertirrigada, que ocorrerá com a implantação da adutora. O valor daquelas corresponde a R\$ 1.062.800,20.

4.1.3.2 Receitas indiretas

Os custos com adubação, tratos culturais e arrendamento de terras, foram obtidos de dados reais da Usina Santo Antônio S/A durante a safra 2008/2009.

4.1.3.2.1 Redução do custo com adubação

O custo com adubação potássica na área não fertirrigada é igual a R\$ 328,50 por ha/ano. Logo, com a implantação da adutora, a economia com adubo proporcionada pelo incremento de 111,26 hectares fertirrigados, corresponde ao produto desta área pelo custo da adubação anual, que resulta em um valor da ordem de R\$ 36.548,91 por ano.

4.1.3.2.2 Receita com o aumento do número de colheitas

Segundo informações da indústria, em área não irrigada um canavial produz 5 safras em 5 anos, enquanto que em uma área fertirrigada esse mesmo canavial produziria por 6 anos, portanto, 1 safra a mais.

Conforme visto, com a implantação da adutora e o incremento de 111,26 hectares de área fertirrigada, haverá um aumento de um ano na vida útil do canavial em comparação a lavoura de sequeiro, este fato proporcionará um aumento na receita da indústria.

Ainda, de acordo com as informações obtidas junto a Usina, a produção média de um canavial fertirrigado no sexto ano é da ordem de 73,295 toneladas de cana por hectare.

O aumento de receita oriundo do acréscimo no ciclo de produção da cultura ocorrerá por conta de duas fontes geradoras, detalhadas a seguir:

a) Aumento da receita anual ocasionada pelo aumento da produção, obtida através da equação 19.

$$r = (p \times S \times P) \div a \times A \quad (19)$$

Onde:

r – receita anual ocasionada pelo aumento da produção (R\$);

p – produção de cana no sexto ano (73,295 ton);

S – quantidade de sacos de açúcar produzidos por tonelada de cana processada (2,5 sacos/ton);

P – preço do saco de açúcar obtido pela indústria em 2009 (R\$);

a – quantidade de safras do canavial (6 anos);

A – área incrementada com a implantação da adutora (ha).

Logo,

$$r = (73,295 \times 2,5 \times 44) \div 6 \times 111,26$$

$$r = \text{R\$ } 149.505,62$$

b) A área não irrigada tem um custo adicional para se renovar o canavial no 6º ano, que segundo a Usina corresponde a um investimento em plantio e custeio agrícola da ordem de R\$ 3.000,00/ha; Dividindo-se esse valor por 5 anos, obtém-se um custo anual para aquela despesa de R\$ 600,00/ha. Somando-se a este a despesa anual de R\$ 328,50 correspondente a adubação potássica, obtém-se um custo total de R\$ 928,50/ha/ano decorrente da renovação do canavial.

Conforme já exposto, com a implantação da adutora haverá um acréscimo de 111,26 hectares na área fertirrigada, ou seja, haverá uma economia gerada pela ausência da necessidade de se renovar o canavial naquela área. O valor economizado corresponde ao produto daquela área pelo valor anual despendido com a renovação do canavial (R\$ 928,50), resultando em uma economia de R\$ 103.304,91.

Resumindo-se, com a advinda da adutora, a receita total anual obtida com o aumento do ciclo de produção da cultura na área incrementada,

corresponde a soma das receitas parciais obtidas na equação 19 (R\$ 149.505,62), mais o valor gerado pela economia da ausência da despesa para a renovação do canavial (R\$ 103.304,91), totalizando R\$ 252.810,53.

4.1.3.2.3 Redução do custo do frete da cana fertirrigada na área adicional

Implantando-se a adutora, na área fertirrigada acrescida de 111,26 hectares e considerando-se uma média de produtividade de 86,84 toneladas de cana por hectare, produzir-se-iam 9.661,82 toneladas de cana.

Segundo a Usina, a distância média para se transportar a cana não irrigada é de 35 quilômetros, enquanto que para a cana fertirrigada são 15 quilômetros. Portanto, haveria uma economia de frete na área acrescida com a implantação da adutora, comparando-se essa mesma quantidade de cana produzida em área de sequeiro. Como o preço do frete para transportar a cana é de R\$ 0,20 por quilômetro rodado, haveria uma economia de 20 quilômetros a menos para se transportar a mesma quantidade de cana, que corresponde a R\$ 4,00 por tonelada de cana produzida.

Em uma produção de 9.661,82 toneladas de cana, a economia seria de R\$ 38.647,28.

4.1.3.2.4 Redução da área plantada produzindo-se a mesma quantidade de cana

Raciocinando-se de modo análogo ao item anterior, em área de sequeiro, obtém-se uma produtividade média de 69 toneladas de cana por hectare. Na área acrescida produzir-se-iam 9.661,82 toneladas de cana, quantidade esta que equivale à produção de 140 hectares de sequeiro. Como o custo médio levantado na Usina da cana não irrigada é de R\$ 1.048,00 por hectare, economizar-se-ia R\$146.720,00 produzindo-se essa quantidade adicional de cana.

4.1.3.2.5 Receita com a redução do arrendamento de terras

A indústria em questão produz cana-de-açúcar em terras arrendadas de terceiros, pagando durante o contrato de arrendamento, em média 10,75 toneladas de cana por hectare, como o preço da tonelada de cana na safra 2008/2009 foi contabilizado em R\$ 44,00 por tonelada de cana, o valor pago pelo arrendamento de terras corresponde a R\$ 473,00 por hectare.

A área acrescida com a operação da adutora produziria 9.661,82 toneladas de cana, conforme já visto essa quantidade equivale a produção de 140 hectares de sequeiro, portanto, com a adutora economizar-se ia um valor correspondente ao arrendamento de 140 hectares de terra, ou seja, R\$ 66.220,00.

4.1.3.2.6 Receita proveniente da eliminação do transporte de vinhaça por caminhões

A implantação e a operação da adutora dispensarão o transporte da vinhaça por caminhões na área estudada, este fato gerará uma receita indireta no valor de R\$1.202.816,00, o qual corresponde ao custo anual com aquele transporte.

A tabela 17 apresenta um resumo das receitas indiretas advindas com a implantação e operação da adutora.

Tabela 17 – Resumo das receitas indiretas

Receitas indiretas anuais	
Redução do custo da adubação (R\$)	36.548,91
Aumento do número de cortes (R\$)	252.810,53
Redução do custo do Frete (R\$)	38.647,28
Redução da área plantada (R\$)	146.720,00
Redução do custo de arrendamento (R\$)	66.220,00
Receita com a eliminação da despesa do transporte de vinhaça por caminhões (R\$)	1.202.816,00
Total das receitas indiretas anuais (R\$)	1.743.762,72

Fonte: Autor.

A receita total obtida através do somatório das receitas diretas e indiretas foi de R\$ 2.806.562,92. Subtraindo-se os custos, ficou uma receita líquida da ordem de R\$ 2.402.537,36. Projetou-se o fluxo de caixa livre (descontados os 10% ao ano da TMA) para um horizonte de financiamento de 10 anos, e calculou-se a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente

Líquido (VPL) e o PAYBACK DESCONTADO, quando através dos critérios definidos se avaliou a viabilidade econômico-financeira do projeto estudado, seguindo as recomendações de ABREU FILHO et al. (2007). No anexo 3, há um resumo com a descrição dos custos e receitas envolvidas no projeto.

De acordo com a metodologia proposta, foram considerados os seguintes critérios:

- $VPL > 0$ - O projeto é viável economicamente (projeto atrativo);
- $VPL < 0$ - O projeto não é viável economicamente;
- $TIR > TMA$ – o projeto é atrativo;
- $TIR < TMA$ – projeto não é atrativo;

Segundo CAVALCANTI et al. (2009), para a determinação da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL), pode-se usar instrumentos computacionais como a calculadora HP 12C, por exemplo, o que simplifica a obtenção dos resultados, esse procedimento foi adotado no presente estudo.

Usando-se a calculadora financeira HP12C chegou-se aos seguintes resultados para o período proposto de 10 anos: A Taxa Interna de Retorno (TIR) foi igual a 124,07 % e o Valor presente Líquido (VPL) totalizou R\$ 12.826.751,03.

Quanto ao resultado encontrado para o Valor Presente Líquido (VPL) e de acordo com o critério adotado, este demonstra um retorno positivo para o investimento, ou seja, segundo este parâmetro de análise econômica o projeto é viável.

Para uma correta comparação da TIR em relação à TMA, o valor daquela deve ser expresso em anos, portanto, o valor obtido acima corresponde a uma taxa de 8,40% ao ano. Nesse cenário a TIR (8,40% ao ano) do projeto, é menor do que a TMA estipulada de 10% ao ano. Logo, de acordo com os critérios propostos e em relação a TIR o projeto é inviável.

O PAY BACK DESCONTADO corresponde ao prazo que se leva para obter-se o retorno total do investimento inicial corrigido por uma taxa. Neste estudo, quando da obtenção daquele, considerou-se como taxa de desconto, a taxa mínima de atratividade do projeto.

Segundo discriminado na tabela a seguir, do valor correspondente a receita líquida do primeiro ano, deduziu-se os juros (TMA de 10% ao ano) incidentes sobre o período, efetuando-se a amortização da dívida, quando então após essas deduções, apurou-se o saldo real do projeto para o ano em questão.

Neste trabalho, e em acordo com o fluxo de caixa anual proposto, o PAY BACK será expresso em anos. A tabela 18 mostra em detalhes os valores dos parâmetros financeiros considerados no cálculo do PAY BACK.

Tabela 18 – Cálculo do PAY BACK DESCONTADO (cenário I).

Ano	Investimento (R\$)	Receita líquida (R\$)	Juros (R\$)	Amortização (R\$)	Valor da dívida (R\$)	Saldo (R\$)
0	(1.935.801,00)	-	-	-	(1.935.801,00)	(1.935.801,00)
1	-	2.402.537,36	(193.580,10)	(2.208.957,26)	0	273.156,26

Fonte: Autor.

Conforme se verifica na tabela 18, no primeiro ano após o investimento inicial, há uma sobra de caixa (um saldo positivo) da ordem de R\$ 273.156,26. Valor esse obtido, já descontados o investimento inicial e os juros. Logo, pela metodologia do PAYBACK DESCONTADO, o projeto se paga no ano subsequente ao investimento inicial, ou seja, em 1 ano.

4.2 Cenário II

No cenário II o investimento seria feito com capital próprio e taxa mínima de atratividade de 10% ao ano. A energia elétrica necessária para o bombeamento da vinhaça seria fornecida pela CEAL (Companhia Energética de Alagoas). Note-se que para fins de irrigação, a tarifa de energia elétrica cobrada pela CEAL é menor do que a tarifa comercial normal, ficando o custo da “tarifa irrigante” em 230,00 MWh. O prazo de financiamento do projeto neste cenário é de 10 anos, sem período de carência e com o início do pagamento já no primeiro ano.

No cenário em questão, os cálculos hidráulicos, a mão de obra, as obras civis, os equipamentos, ou seja, os custos fixos permanecem os mesmos, o que mudará é o valor total dos custos variáveis, especificamente no item energia elétrica, devido ao aumento no custo da tarifa.

4.2.1 Custos Variáveis – Custo da energia elétrica para o cenário II

Devido ao novo preço da tarifa de energia elétrica proposto para este cenário, haverá um aumento na despesa com energia elétrica. Os cálculos realizados a seguir, mostram como se obteve o novo valor do custo total com energia elétrica.

O preço da tarifa da energia elétrica é: R\$ 230,00 MWh. Para transformar essa tarifa de MWh para kWh, deve-se dividir o valor do MWh por 1000, logo: $R\$ 230,00 \div 1000 = R\$ 0,23 \text{ kWh}$.

A potência a ser instalada é de: 110 CV; Para este cenário, o consumo de energia elétrica, foi definido pela equação 20 abaixo:

$$C = P (CV) \times 0,736 \times p \times t (h) \times 0,75 \quad (20)$$

Onde:

C – consumo de energia em kWh;

P – potência da bomba em CV;

0,736 – fator usado para converter CV em kWh;

p – período de irrigação em dias;

t – turno diário de irrigação em horas;

0,75 – fator correspondente a eficiência de irrigação do sistema, de 75%.

Donde:

$$C = 110 \times 0,736 \times 92 \times 20 \times 0,75$$

$$C = 111.724,80 \text{ kWh}$$

Ou seja, o consumo total de energia durante os 92 dias de funcionamento da adutora, calculado de acordo com o custo da energia elétrica considerado neste cenário é de 111.724,80 kWh.

Então, o custo total com energia elétrica em reais, será o produto do consumo de energia pelo preço cobrado pela tarifa também em reais, ou seja: $\text{Custo Total (R\$)} = \text{consumo (kWh)} \times \text{preço da tarifa (R\$/kWh)}$; Conforme o consumo e o preço da tarifa já calculada acima, têm-se:

$$\text{Custo Total} = 111.724,80 \text{ kWh} \times 0,23$$

$$\text{Custo Total} = 25.696,70$$

Finalizando, para o cenário levantado, a despesa total com energia elétrica totalizaria: R\$ 25.696,70.

O consumo mensal de energia elétrica é determinado pela mesma equação 20 acima, sendo que o período considerado passa a ser mensal, ao invés do período total de 92 dias. A tabela 19 mostra as frações mensais da despesa total com energia elétrica.

Tabela 19 – Consumo mensal de energia elétrica

Mês	Potência (CV)	Período (dias)	Turno (h/dia)	Consumo (kWh)	Preço tarifa (R\$/kWh)	Despesa mensal com energia (R\$)
Outubro	110	31	20	37.646,4	0,23	8.658,67
Novembro	110	30	20	36.432,0	0,23	8.379,36
Dezembro	110	31	20	37.646,4	0,23	8.658,67
Total		92		111.724,8		25.696,70

Fonte: Autor

Conforme comentado anteriormente, neste cenário mudou-se o valor total dos custos variáveis devido à alteração da tarifa de energia elétrica. Assim sendo, as tabelas 20 e 21 demonstram os resumos dos custos variáveis e fixos e variáveis respectivamente.

Tabela 20 – Resumo dos custos variáveis (cenário II)

Item	Especificação	Valor (R\$)
1	Mão de obra	71.274,00
2	Energia elétrica	25.696,70
	Total	96.970,70

Fonte: Autor.

Tabela 21 – Resumo dos custos fixos e variáveis (cenário II)

Custos fixos	Valor (R\$)
Depreciação	84.255,34
Manutenção	38.716,02
Juros	193.580,10
Subtotal custos fixos	316.551,46
Custos variáveis	Valor (R\$)
Mão de obra	71.274,00
Energia elétrica	25.696,70
Subtotal custos variáveis	96.970,70
Custos Totais	413.522,16

Fonte: Autor.

Para o cenário II, o custo por hectare da adução da vinhaça, corresponde à divisão do custo total (R\$ 413.522,16) pelo número de hectares do projeto (2.381,66 ha), a qual resulta em um valor igual a R\$ 173,63/ha/ano. Dividindo-se esse valor pela lâmina de 15 mm, o custo passa a ser R\$ 11,31/ha/mm.

No presente cenário, as receitas obtidas são as mesmas do cenário anterior, as quais correspondem a um total de R\$ 2.806.562,92. Subtraindo-se das receitas os custos totais de R\$ 413.522,16, obtém-se como receita líquida o valor de R\$ 2.393.040,76.

Os critérios de avaliação são os mesmos do cenário I.

Seguiram-se as determinações de CAVALCANTI et al. (2008), em relação aos cálculos da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL), que recomenda a utilização da calculadora HP 12C para a obtenção daqueles parâmetros de análise financeira.

Os resultados obtidos para o Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) foram respectivamente: R\$ 12.768.398,54 e 123,58%.

Considerando-se o parâmetro VPL para este cenário, de maneira análoga ao cenário I, o resultado positivo atesta a viabilidade econômica do projeto segundo o critério de análise adotado.

Quanto ao resultado encontrado para a TIR para o período de 10 anos, aquele corresponde a uma taxa de 8,37% ao ano. Assim sendo, para este cenário a TIR do projeto também é menor do que a TMA estipulada de 10% ao ano. Concluindo, em relação ao parâmetro de avaliação econômica da TIR e de acordo com os critérios adotados, o projeto é inviável.

Considerando-se a TMA (taxa mínima de atratividade) como taxa de desconto para trazer os valores futuros do fluxo de caixa para o valor presente, efetuou-se o cálculo do PAY BACK de acordo com a tabela 22.

Tabela 22 – CÁLCULO DO PAY BACK DESCONTADO (CENÁRIO II)

Ano	Investimento (R\$)	Receita líquida (R\$)	Juros (R\$)	Amortização (R\$)	Valor da dívida (R\$)	Saldo (R\$)
0	(1.935.801,00)	-	-	-	(1.935.801,00)	(1.935.801,00)
1	-	2.393.040,76	(193.580,10)	2.199.460,66	0	263.659,66

Fonte: Autor.

No cenário II, em relação ao PAYBACK DESCONTADO, verificou-se um resultado similar ao do Cenário I, pois o projeto também se paga no ano subsequente ao investimento inicial, ou seja, o prazo de retorno do capital investido é de 1 ano.

4.3 Cenário III

Neste cenário os recursos financeiros para o investimento, seriam provenientes do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) o qual financia o projeto a uma taxa de juros de 8,55% ao ano (BNDES, 2009). Segundo as normas do agente financiador, o valor financiado deve corresponder a no máximo 80% do capital necessário, o restante dos recursos (20%) seriam investidos pela própria indústria. Para efeito de cálculos este capital próprio investido seguiria as mesmas condições do financiamento.

Nas condições de financiamento acima, o prazo de carência para o início do pagamento é de um ano e o horizonte de financiamento de 10 anos. Em relação aos custos, a tarifa de energia elétrica considerada no projeto de financiamento proposto é de R\$ 145,00/MWh, que neste caso, corresponde ao valor recebido pela geração própria.

O BNDES considera que o projeto deve estar funcionando para iniciar o pagamento do financiamento, ficando o primeiro ano para a implantação do projeto, portanto, conforme mencionado o período de carência do investimento seria de um ano.

A taxa de juros adotada neste cenário ficou em 8,55% ao ano, a qual segundo o BNDES corresponde à seguinte composição: TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo de 6,25% a.a.), mais o spread bancário do BNDES (1,3% a.a.), mais o spread de risco e do agente financeiro de 1,0 % ao ano, (BNDES, 2009);

O sistema de pagamento e amortização do investimento considerado no projeto é o Sistema de Amortização Constante – SAC (BNDES, 2009).

No presente cenário, os custos fixos mudam devido à mudança dos juros anuais adotados no financiamento do projeto (8,55% a.a.). Os custos com depreciação e manutenção são os mesmos dos cenários anteriores.

Quanto aos custos variáveis, estes são iguais aos do cenário I, visto que, o preço da tarifa da energia elétrica é igual para ambos, já às receitas permanecem as mesmas para todos os cenários propostos.

4.3.1 Cálculo dos juros anuais de acordo com o BNDES

Conforme descrito, o financiamento adota uma taxa de juros de 8,55% ao ano. Como o investimento inicial é da ordem de R\$ 1.935.801,00. Os juros anuais correspondentes a 8,55% do capital investido, os quais são iguais à R\$ 165.510,98.

A tabela 23 apresenta um resumo dos custos fixos para o cenário III.

Tabela 23 – Resumo dos custos fixos no cenário III

Item	Especificação	Valor (R\$)
1	Depreciação anual	84.255,34
2	Manutenção anual	38.716,02
3	Juros anuais	165.510,98
	Total dos custos fixos anuais	288.482,34

Fonte: Autor.

Somando-se os custos fixos que são da ordem de R\$ 288.482,34; mais os custos variáveis os quais são os mesmos do cenário I (R\$ 87.474,10), obtêm-se como resultado os custos totais de R\$ 375.956,44.

No cenário III, o custo total por hectare para a vinhaça aduzida seria o resultado da divisão dos custos totais (R\$ 375.956,44), pela área fertirrigada de 2.381,66 hectares; Que corresponde ao valor de R\$ 157,85/ha/ano; Dividindo-se esse valor por 15 mm, obtêm-se o custo de R\$ 10,52/mm.

As receitas totais no valor de R\$ 2.806.562,92 são iguais para todos os cenários, subtraindo-se destas os custos totais para o cenário III de R\$ 288.482,34; Obtêm-se uma receita líquida anual de R\$ 2.518.080,58 para o cenário em questão a partir do primeiro ano de operação da adutora.

O Fluxo de caixa livre do cenário III, pode ser montado diretamente na calculadora HP 12C, segundo as recomendações de CAVALCANTI et al. (2008), simplificando os cálculos da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL), recomendação essa seguida neste estudo.

Conforme descrito determinou-se a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL) para o presente cenário. Os resultados obtidos para o período de estudo proposto de 10 anos foram 130,05 % para a TIR e R\$ 13.536.714,10 para o VPL.

Os critérios de avaliação econômica adotados neste cenário foram os mesmos dos cenários anteriores.

O parâmetro de avaliação econômica VPL para o cenário III, de maneira similar aos outros cenários, apresentou um resultado positivo, confirmando que por este critério de análise, o projeto é viável.

O resultado encontrado para a TIR para o período de 10 anos corresponde a uma taxa interna de retorno de 8,69% ao ano, portanto, para este cenário a TIR do projeto também é menor do que uma TMA de 10% ao ano.

Contudo, observando-se os critérios de avaliação acima, no caso do financiamento junto ao BNDES, os juros adotados são menores do que a rentabilidade (TIR) do projeto, como aqueles representam o custo do capital e podem substituir a TMA no critério de avaliação, divergindo dos cenários anteriores, a TIR (8,69%) superaria uma TMA de 8,55% ao ano. Logo, neste cenário e em relação ao parâmetro da TIR o projeto é viável economicamente.

De acordo com a tabela 24, verificou-se o prazo de retorno do investimento através do PAY BACK DESCONTADO, sendo que para esse cenário os juros são determinados pelo agente financiador, ou seja, o BNDES.

Tabela 24 – Cálculo do PAY BACK DESCONTADO (CENÁRIO III)

Ano	Investimento (R\$)	Receita líquida (R\$)	Juros (R\$)	Amortização (R\$)	Valor da dívida (R\$)	Saldo (R\$)
0	(1.935.801,00)	-	-	-	(1.935.801,00)	(1.935.801,00)
1	-	2.393.040,76	165.510,98	2.227.529,78	0	291.728,78

Fonte: Autor.

Conforme a tabela 24 e quanto ao cálculo do PAY BACK para o cenário III, o prazo de retorno do capital investido é de 1 (um) ano, portanto, igual em todos os cenários estudados.

4.3.2 Cronograma de pagamento segundo o BNDES

O cronograma de pagamento do financiamento neste cenário, onde os recursos seriam oriundos do BNDES, segue o Sistema de Amortização Constante – SAC (BNDES, 2009).

No sistema SAC de amortização adotado pelo BNDES, são decrescentes as prestações e os juros e conforme o próprio nome, constantes as amortizações.

Calcula-se a amortização dividindo-se o valor principal do saldo devedor pelo número de períodos de pagamento. Para o presente estudo tem-se uma planilha de amortização conforme as condições abaixo:

- a) O valor do financiamento é da ordem de R\$1.548.640,80; O qual corresponde a 80% do valor total do projeto que é R\$1.935.801,00;
- b) O pagamento do financiamento será em 10 anos;
- c) A taxa de juros adotada pelo BNDES é de 8,55% ao ano;
- d) O valor das amortizações constantes seria definido pela equação 21 abaixo:

$$V_{amc} = V_{fin} \div n \quad (21)$$

Onde:

V_{amc} – valor das amortizações constantes (R\$);

V_{fin} – valor financiado (R\$);

n – número de anos (período) do financiamento.

Logo:

$$V_{amc} = R\$ 1.548.640,80 \div 10$$

$$V_{amc} = R\$ 154.864,08$$

A tabela 25 (SAC - Sistema de Amortização Constante) demonstra o cronograma financeiro necessário para o pagamento do financiamento no cenário estudado, o qual teria como agente financiador o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que de acordo com as suas normas internas financiaria 80% dos recursos financeiros demandados pelo projeto.

Tabela 25 – Tabela SAC – Sistema de Amortização Constante

Ano	Saldo Devedor	Valor da Amortização Constante (V _{amc})	Juros (8,55% do Saldo devedor)	Prestação (amortização + juros)
0	(1.548.640,80)	-	-	-
1	1.393.776,72	154.864,08	132.408,79	287.272,87
2	1.238.912,64	154.864,08	119.167,91	274.031,99
3	1.084.048,56	154.864,08	105.927,03	260.791,11
4	929.184,48	154.864,08	92.686,15	247.550,23
5	774.320,40	154.864,08	79.445,27	234.309,35
6	619.456,32	154.864,08	66.204,39	221.068,47
7	464.592,24	154.864,08	52.963,51	207.827,59
8	309.728,16	154.864,08	39.722,63	194.586,71
9	154.864,08	154.864,08	26.481,75	181.345,83
10	0		13.240,90	168.105,00

Fonte: Autor.

Observe-se que nesse sistema a prestação inicial é maior, e vai decrescendo ao longo do período de pagamento do financiamento, assim como os juros.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente estudo propicia informações relacionadas aos custos de uma adutora de vinhaça em relação ao transporte por caminhões, mantendo o foco do uso da vinhaça como fertilizante, em função da racionalização do uso deste efluente.

No planejamento e execução do estudo o aspecto ambiental foi amplamente considerado ao se adotar a Norma CETESB P4.231 que estabelece um limite para a aplicação de vinhaça com finalidade agrícola. As análises químicas de solos e de vinhaça permitiram o adequamento das necessidades químicas e hídricas da cultura a Legislação Ambiental. Adotando-se essas premissas, calculou-se o volume final e as lâminas de vinhaça a serem aplicados, os quais estão expostos na tabela 26.

Tabela 26 – Volume e lâminas de vinhaça a serem aplicados por ano

Volume (m ³ /ha/ano)	Lâmina teórica (mm/ha/ano)	Lâmina real (mm/ha/ano)
141,25	14,12	15

Fonte: Autor.

Note-se que para efeitos práticos, como a lâmina teórica vai ser fracionada em três aplicações mensais, adotou-se uma lâmina real de 15 mm.

A tabela 27 demonstra os parâmetros que diferenciam os cenários levantados, assim como os resultados encontrados no final do estudo.

Tabela 27 – Especificações e resultados obtidos de acordo com os cenários estudados

	CENÁRIO I	CENÁRIO II	CENÁRIO III
TMA adotada (% anual)	10	10	8,55
Fonte dos recursos	Próprios	Próprios	Financiamento (BNDES)
Prazo de pagamento (anos)	10	10	10
Prazo de carência (anos)	0	0	1
Custo da energia (R\$/MWh)	145	230	145
PAY BACK (anos)	1	1	1
TIR (% anual)	8,40	8,37	8,69
VPL (R\$)	12.826.751,03	12.768.398,54	13.536.714,10
Custo (R\$/ha)	169,64	173,63	157,85

Fonte: Autor.

Verificou-se que o custo do transporte por caminhões igual a R\$ 529,78/ha correspondeu a mais de 3 vezes o custo da vinhaça aduzida de acordo com os cenários propostos, entretanto, visando-se uma melhor avaliação econômica do projeto, foram adotados critérios de análises financeiras mais específicos e comprovados pela literatura.

O transporte de vinhaça por caminhões com a consequente emissão de CO₂ proveniente da combustão do diesel, levanta uma questão ambiental importante que deve ser levada em conta, a implantação da adutora minimizaria esse problema através da utilização de energia elétrica para o bombeamento daquele efluente.

O tráfego dos caminhões tanques durante o transporte da vinhaça envolve riscos ambientais, tais como: o risco de acidentes (tombamentos) durante o percurso da indústria até o campo agrícola, o que poderia acarretar um derramamento da carga poluindo o meio ambiente. Esses riscos, embora existentes, não foram mensurados neste estudo devido a ausência de informações a respeito da estatística de acidentes automotivos envolvendo aquele tipo de transporte na região estudada.

A adutora foi dimensionada respeitando-se a Legislação existente, que estabelece um limite para a aplicação de vinhaça, este procedimento evitará uma indesejada saturação de potássio no solo, que além de comprometer a produtividade agrícola, poderia causar contaminação as águas subterráneas. Por estas razões, o transporte por duto apresenta-se mais seguro para o meio ambiente, fato importante que deve ser levado em consideração.

Para os dois primeiros cenários, o projeto não apresentou viabilidade econômica em relação ao critério de análise da Taxa Interna de Retorno (TIR). Todavia, este fato isolado, pode não significar a inviabilidade de um projeto, pois como a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) depende muitas vezes da expectativa de remuneração que o investidor tem em relação ao seu capital, sempre há a possibilidade daquele mudar o percentual mínimo para o retorno esperado.

Bastaria então, que a empresa baixasse em 2 (dois) pontos percentuais, de 10 para 8% ao ano, o retorno mínimo esperado para o capital investido, para o projeto se tornar viável em relação a TIR. O custo de oportunidade ou a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para um determinado investimento, sempre pode ser influenciado pela disposição da companhia ou do investidor em relação à prioridade do projeto na hora de investir.

Por conta destes fatores, deve-se analisar mais de um parâmetro financeiro, visando-se uma melhor tomada de decisão. As razões expostas permitem à companhia a possibilidade de considerar a execução do projeto como alternativas viáveis em todos os cenários propostos, pois os parâmetros econômicos estudados fornecem subsídios suficientes para uma correta tomada de decisão.

No cenário III, o qual contempla o financiamento do investimento, verificou-se um aumento da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Valor Presente Líquido (VPL) do projeto, ou seja, da rentabilidade do mesmo. Este importante fato foi ocasionado pela taxa de retorno do projeto que superou os juros adotados pelo agente financiador, esse fenômeno é chamado na prática pelos economistas de “alavancagem”.

Verifica-se assim, que em projetos financiados, quando a TIR do projeto é maior do que taxa de juros do financiamento, o uso de recursos provenientes de terceiros é mais atrativo do que o uso de recursos próprios.

Dentre os cenários estudados, a melhor opção é a levantada pelo cenário III, o qual apresenta uma completa viabilidade econômica do projeto, onde o financiamento permite uma alavancagem da rentabilidade.

No cenário III, note-se que o fluxo de caixa livre (já descontado os juros) do projeto, apresenta em todos os períodos (anos), uma sobra de recursos tal, que permitiria pagar o financiamento com folga de caixa. Este fato demonstra claramente, que o financiamento junto ao BNDES, iria não só alavancar a rentabilidade do mesmo, como também obter resultados positivos sem a necessidade de imobilizar recursos próprios.

6 CONCLUSÃO

A disposição da vinhaça através da fertirrigação é uma tecnologia que visa à utilização racional dos recursos hídricos, pois, ao mesmo tempo em que impede que ela seja descartada nos corpos hídricos, possibilita a oferta de água para as plantas e a fertilização dos solos agricultáveis, além da comprovada redução nos custos de produção.

Destaca-se o enfoque ambiental por ocasião do dimensionamento da adutora, quando otimizou-se o uso racional da vinhaça em consonância com a Legislação Ambiental.

De acordo com os objetivos propostos, avaliar a viabilidade econômica do transporte de vinhaça por duto com finalidade agrícola e redução de risco de acidente ambiental foi de grande valia, pois forneceu subsídios concretos para a tomada de decisão por parte da indústria. A quantificação dos custos com o transporte convencional por caminhão e a comparação com a alternativa da adutora mostrou-se extremamente útil.

Observou-se que a metodologia para análise da viabilidade econômica apresentou-se prática e eficiente, os resultados do estudo apontam para um rápido retorno do investimento. Além, a atratividade do investimento para a climatologia da região é indiscutível, pois o regime de chuvas apesar de ser considerado bom, tem periodicidades bem definidas, e a cultura estudada carece de água em boa parte do ano.

As mudanças na tarifa de energia elétrica não influíram na viabilidade econômica do estudo, o fator de maior influência foi à disponibilidade de recursos para financiamento a juros na faixa de 8% ao ano, ou seja, abaixo da taxa interna de rentabilidade dos cenários levantados.

7 RECOMENDAÇÕES

O limite para a aplicação de potássio baseado na norma CETESB P4.231 já é uma realidade concreta para o Estado de São Paulo, no Estado de Alagoas, onde a produção de etanol tem um grande peso na economia, há a necessidade de se elaborar uma legislação específica baseada nas condições edafo-climáticas da região, visando-se uma aplicação de vinhaça produtiva para a cultura e segura para o meio ambiente, especialmente no que concerne a correta preservação dos recursos hídricos.

Além da importante recomendação acima, espera-se que as informações levantadas e os estudos realizados, forneçam subsídios para a implantação da adutora, tornando o transporte de vinhaça mais seguro e menos poluidor, trocando-se o combustível fóssil (óleo diesel), por uma energia mais limpa (elétrica), fato importante que ambientalmente já justificaria a mudança. Entretanto, deve-se destacar finalmente a possibilidade de viabilidade econômica do empreendimento.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU FILHO, José Carlos Franco de; PEREIRA DE SOUZA, Cristóvão; GONÇALVES, Danilo Amerio; CURY, M.V.Q. Finanças Corporativas. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

AGUJARO, R. O uso da vinhaça na Usina Tamoio como fertilizante. Saccharum. STAB. São Paulo, v.2, p.4, mar., 1979.

ALBRITTON, D. L. et al. (1995). Trace gas radiative forcing indices. In: Climate change 1994, radiative forcing of climate change and in evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. United Kingdom: Cambridge University Press.

ALMEIDA, J. R. (1978). Álcool e Distilaria. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ). Universidade de São Paulo (USP).

AZEVEDO NETTO, José Martiniano; FERNANDEZ, Miguel Fernandez y; Araújo, Roberto de; ITO, Acácio Eiji. Manual de hidráulica. 8ª Edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1998. 669 p.

BRAILE, P. M. e CAVALCANTI, J. E. W. A. (1979). Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.16, p.11-33, 1987.

CAVALCANTI, Marly; PLANTULLO, Vicente Lentini. Análise e Elaboração de Projetos de Investimento de Capital. Curitiba: Editora Juruá, 2008. 384 p.

CRUZ, R.L. (1991). Efeito da aplicação de vinhaça sobre o solo e água subterrânea. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

DEMATTÊ, J. L. I. O Uso agrônômico de resíduos x fertilizantes na cultura da cana-de-açúcar. In: XX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. 1992. p.213-251.

EMBRAPA. 1997. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 211p.

EMBRAPA. 1999. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos. 412 p.

GLÓRIA, N. A. da. Emprego de vinhaça para fertilização. Piracicaba, CODISTIL, 1976.

GOMES, Frederico Pimentel; CARDOSO, Eno de Miranda. A Adubação da Cana-de-Açúcar. São Paulo: Editora Aloisi, 154 p.

GOMES, Heber Pimentel. Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. Campina Grande: Editora Universitária da UFPB, 3ª Edição, 1999. 412 p.

GOMES, Heber Pimentel. Sistemas de abastecimento de água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórias. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2ª Edição, 2004. 242 p.

GREEN, Colin H. Handbook of Water Economics: principles & practice. Great Britain: Printed by British Library – Antony Rowe Ltd, 2003.

HORII, J. (1998). Tecnologia do álcool etílico. Departamento de Tecnologia de Açúcar e Alcool. Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP.

IAC, (1994). INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Estudo de Caso: Destilarias de álcool e usinas de açúcar. Campinas, Documentos Técnicos. IAC, n.49.

KÖPPEN, W. 1936. Das geographische system der klimate. In: Handbuch der klimatologie Köppen, W. and Geiger, R. (Eds). IC, Gebrüder Borntrager, Berlin, Germany.46 p.

LINSINGEN, Irlan Von. Fundamentos de Sistemas Hidráulicos. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. 399 p.

LUZ, Pedro Henrique de Cerqueira. II Simpósio de Tecnologia de Produção de cana-de-açúcar. São Paulo: ESALQ/USP. 2007.

MALAVOLTA (1974), Eurípedes. Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas. São Paulo: Editora Pioneira. 752 p.

MALAVOLTA (1981), Eurípedes. Manual de Química Agrícola: Adubos e Adubação. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 594 p.

MANKIW, N. Gregory. Introdução a Economia. São Paulo: Cengage Learning, 2009. 852 p.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 369-375.

MERICO, L.F.K. (1996) Introdução à Economia Ecológica. Blumenau: Editora da Furb.

MILGROM, Paul R.;ROBERTS, John. (1992). Economics, Organization and Management. New Jersey, United States of America.

MONTEIRO, C.E., Disposição final dos despejos líquidos da indústria açucareira e alcooleira, São Paulo, CETESB, 1977.

OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M. de C. Decomposição e liberação de nutrientes da palha da cana-de-açúcar em campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.34, n.12, p.2359-2362, dez.1999.

OLIVEIRA, M.W.; BARBOSA, M.H.P.; MENDES, L.C., DAMASCENO, C.M. Nutrientes na palhada de dez cultivares de cana-de-açúcar. STAB: Açúcar, álcool e subprodutos, Piracicaba, v.21, n.3, p.6-7, 2002.

OMETTO, A. R. (2000). Discussão sobre os fatores ambientais impactados pelo setor sucroalcooleiro e a certificação socioambiental. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

PENATTI, C. P. et al. Efeitos da aplicação de vinhaça e nitrogênio na soqueira da cana-de-açúcar. Boletim Técnico Copersucar, São Paulo, v. 4432-38. 1988.

RODELLA, A.A. & FERRARI, S.E. A composição da vinhaça e efeitos da sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, 90(1): 380-7 jul. 1977.

RODELLA, A.A; PARAZZI, C.; CARDOSO, A.C.P. 1980, "Composição da Vinhaça", Brasil Açucareiro, 96 (1): 25-33.

SZMRECSÁNYI, T. (1994). Tecnologia e degradação ambiental: O caso da Agroindústria canieira no Estado de São Paulo. Informações Econômicas, v.24, n.10, p.73-81.

TROEH, Frederick R.; THOMPSON, Louis M. (2007). Solos e Fertilidade do Solo. São Paulo. Andrei Editora Ltda, 6ª Edição. 718 p.

WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; ALTING, L. (1997). Environmental Assessment of Products. Bonton/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishehrs. v.1 e 2.

Documentos Eletrônicos:

ABNT, 1991. NORMA NBR12215 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>> Acesso em 16 dez. 2009, 17:53:09.

BNDES, 2009. BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, BNDES, <<http://www.bndes.gov.br/linhas/finem.asp>>, Acesso em 09 jun. 2009, 10:18:23.

CETESB, São Paulo. CETESB Norma P4.231. São Paulo, 2005, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo de 03 de dezembro de 2005, retificada em 13 de dezembro de 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2008, 08:46:22.

Dados Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE: Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 04 set. 2010, 10:36:21.

Dados estatísticos do Sindaçucar. Al. Disponível em: <<http://www.sindacucar-al.com.br/www/estatisticas.htm>>. Acesso em: 04 set. 2010, 11: 12:39.

FIC (2004). Teor do álcool hidratado combustível. Disponível em:

<<http://www.ficpetroleo.com.br/faq.asp#resposta3>>. Acesso em: 11 abr. 2007, 14:34:03.

SEMARH – Al (2009). Climatologia da Bacia Hidrográfica do Rio Quitunde. Disponível em:

<<http://www.semarh.al.gov.br/municipios>>. Acesso em: 26 fev. 2009, 16:43:37.

ANEXOS

Anexo 1 – Especificação dos equipamentos e descrição das obras civis da adutora com os respectivos preços.

Especificação	Quantidade	Valor Unitário R\$
A - Moto bomba elétrica –	1	45.000,00
Subtotal moto bomba elétrica	1	45.000,00

Especificação	Quantidade	Valor Unitário R\$
B - Válvulas e acessórios		
Válvula de retenção, com portinhola dupla de 350 mm, classe 300lb e extremidades flangeadas.	1	1.300,00
Subtotal válvulas	1	1.300,00

Especificação	Quantidade	Valor unitário R\$	Valor total
C - Tubulação			
Tubo - 350 mm x 6m (ferro galvanizado), espessura 4,75 mm.	1.828	870,00	1.590.360,00
Conexão em aço com flange de 350 mm	2	300,00	600,00
Curva de 90° x 350 mm em aço	1	400,00	400,00
Acoplamento de 350 mm em aço, com anel de vedação.	6	250,00	1500,00
Subtotal			1.592.860,00

Especificação	Quantidade	Valor unitário R\$	Valor total
D - Material elétrico			
Rede elétrica em alta tensão (13.800 V/km)	13	15.000,00	195.000,00
Instalações elétricas	1	15.000,00	15.000,00
Transformador de 13,8 x 380 V de 225 KVA	1	22.000,00	22.000,00
Subtotal material elétrico			232.000,00

Especificação	Quantidade	Valor unitário R\$	Valor total
E - Obras civis			
Caixa de captação para a sucção da bomba	1	1.350,00	1.350,00
Base em alvenaria para a subestação, medindo 1,5 x 1,5 m.	1	1.000,00	1.000,00
Blocos de ancoragem da adutora em alvenaria (1 x 1 x 1m)	5	125,00	625,00
Reservatório: Escavação de 2.574 m ³ (custo = 14,00/m ³)	1	36.036,00	36.036,00
Reservatórios: revestimento com geomenbrana impermeabilizante (2 x 1 m)	2.330 m ² (=1.165m ² /reservatório x 2 reservatórios)	11,00 (= 7,00 do material + 4,00 da mão-de-obra)	25.630,00
Subtotal obras civis			64.641,00

Fonte: Autor.

Anexo 2 – Tabela com o preço da mão de obra, de acordo com a qualificação do empregado.

Cargo	Salário (R\$/h)	Período (dias)	Turno (h)	Turnos	Quantidade
Encarregado (técnico nível médio)	13,50	365	12	2	1
Operador de eletro bomba	5,50	92	8	3	3
Total					4

Fonte: Usina Santo Antônio/Sindicato Rural de São Luís do Quitunde - AL (ano 2009).

Anexo 3 – Tabela com a descrição dos custos e receitas envolvidas no projeto

Custos fixos	316.551,46
Custos variáveis	87.474,10
Custos totais	404.025,56
Receitas diretas	1.062.800,20
Receitas indiretas	1.743.762,72
Receitas Totais	2.806.562,92
Receitas - Custos	2.402.537,36

Fonte: Autor.