

**REVISTA TRÓPICA: Ciências Agrárias e Biológicas****Análise da viabilidade econômica de uma instalação de concentração de vinhaça**

Thiago Ometto Zorzenoni<sup>1</sup>, Edjane Gonçalves de Freitas<sup>2</sup>, Ana Paula Meletti<sup>3</sup>, Daiane de Cinque Mariano<sup>4</sup>, Ricardo Shigueru Okumura<sup>5</sup>, Paulo Vicente Contador Zaccheo<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Dedini S/A Indústrias de Base, Rodovia Rio Claro, km 26, CEP 13412-900, Piracicaba, SP. thiagozorzenoni@gmail.com

<sup>2</sup>Doutoranda em Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, avenida Pádua Dias, CEP 13418-900, Piracicaba, SP.

<sup>3</sup>Engenheira de Processos, Uni-Systems do Brasil Ltda, Rua Antônio Seron, 342, CEP 14160-520, Sertãozinho, SP.

<sup>4</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso, rodovia MT 358, CEP 78300-000, Tangará da Serra, MT.

<sup>5</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, rodovia PA 124, km 0, CEP 68650-000, Capitão Poço, PA.

<sup>6</sup>Instituto Agronômico do Paraná, rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, km 375, CEP 86047-902, Londrina, PR.

**Resumo:** Com o advento da norma técnica da CETESB P4.231, que controla a aplicação de vinhaça no solo, as destilarias terão que transportar o excedente de vinhaça para áreas mais distantes da usina, o que poderá impactar no aumento dos custos de produção. Assim, para se enquadrar neste novo contexto, uma opção é a concentração da vinhaça, processo que reduz o teor de água e, conseqüentemente, aumenta a concentração de nutrientes, reduzindo o volume de vinhaça a ser transportado. O objetivo desse trabalho foi analisar a viabilidade econômica dessa tecnologia, considerando uma instalação de uma planta de concentração de vinhaça para uma destilaria de 900.000 litros dia<sup>-1</sup>, com um parque industrial para moagem de 2.000.000 de toneladas de cana, por safra. O projeto foi concebido para concentrar o volume de vinhaça para aplicação em áreas mais distantes da unidade, com a proposta de concentrar 25% da vinhaça produzida pela destilaria. Para avaliação econômica do projeto, foram utilizados os seguintes métodos: valor presente líquido (*VPL*), tempo de retorno do capital (*payback* descontado) e taxa interna de retorno (*TIR*). Para o período de 10 anos, os resultados obtidos foram: *TIR* igual à 53,19%, *VPL* igual à R\$ 20.919.864,96 para uma taxa de desconto de 5,39% e o período de *payback* descontado de aproximadamente quatro anos. Concluiu-se que o projeto é viável economicamente e poderá ser executado por unidades que atendam as premissas do projeto.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum* L., etanol, indústria sucroalcooleira.

## Analysis of the economic viability of the installation of stillage concentration

**Abstract:** With the advent of technical standard CETESB P4.231, which controls the application of stillage in the soil, the distilleries will have to carry the surplus of stillage to more distant areas of the plant, which could impact the increase in production costs. Thus, to fit this new context, a switch is the concentration of the stillage, which process reduces the water content and thereby increases the concentration of nutrients, reducing the amount of stillage to be transported. The aim of this study was to analyze the economic feasibility of this technology considering an installation of a concentration plant stillage to a distillery 900,000 liters day<sup>-1</sup>, with an industrial grinding of 2,000,000 tons of cane per harvest. The project was designed to concentrate the volume of stillage for use in more distant areas of the unit, with the proposal to concentrate 25% of stillage produced by the distillery. For economic evaluation of the project, we used the following methods: net present value (*NPV*), time of return to capital (discounted *payback*) and internal rate of return (*IRR*). For 10 years, the results were: *IRR* equal to 53.19%, *NPV* equal to R\$ 20,919,864.96 for a discount rate of 5.39% and the discounted *payback* period of approximately four years. It was concluded that the project is economically feasible and can be performed by units that meet the assumptions of the project.

**Keywords:** *Saccharum officinarum* L., ethanol, ethanol industry.

### Introdução

A vinhaça é um subproduto aquoso, de coloração marrom escura, de natureza ácida, obtida no processo de fabricação do etanol a partir da destilação do caldo fermentado de cana-de-açúcar, na qual 1 litro de etanol produzido, gera de 11 à 13 litros de vinhaça (Olguín et al., 1995; Wilkins et al., 2006; Laime et al., 2011), que é empregada como fonte de nutrientes, contendo alto teor de matéria-orgânica e potássio, sendo relativamente pobre em nitrogênio e cálcio, contendo pouco fósforo e magnésio (Silva et al., 2007).

A prática da fertirrigação com vinhaça pode alterar as características do solo promovendo modificações em suas propriedades químicas proporcionando aumento da disponibilidade de potássio para as plantas (Arienzo et al., 2009). Contudo, o subproduto ocasiona modificações nas propriedades físicas do solo, aumentando a agregação e a elevação da capacidade de infiltração da água no solo e, conseqüentemente, aumentando a probabilidade de lixiviação dos íons, o que pode aumentar o risco de contaminação das águas subterrâneas (Silva et al., 2007).

Para o controle da destinação da vinhaça no Estado de São Paulo, foi estabelecida pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb, 2006) a norma técnica P4.231, na

qual determina que a quantidade limite de vinhaça a ser aplicada nos solos deve corresponder no máximo a 5% da capacidade de troca catiônica (CTC) dos mesmos. Conhecido os impactos ambientais causados pela deposição excessiva da vinhaça em uma mesma área, leis ambientais têm estabelecido limites de volume a ser aplicado nos solos, o que força as destilarias a adotarem soluções para os seus problemas de efluentes (Abreu Júnior et al., 2005), dessa forma, as destilarias terão que transportar o volume excedente de vinhaça para áreas mais distantes da unidade, ocasionando o aumento substancial dos custos de produção. Esse impasse tem impulsionado as destilarias na busca de ferramentas que viabilizem o transporte do efluente a longas distâncias (Gomes et al., 2011).

Uma alternativa para minimizar esse custo de transporte é a prática de concentração da vinhaça (Nataraj et al., 2006; Zayas et al., 2007), que consiste em retirar água desse efluente sem perda dos sólidos contidos, com conseqüente redução do volume, com isso, viabiliza o transporte do resíduo para áreas mais distantes (Hoffman, 2004). A prática de concentração de vinhaça é uma técnica bem difundida em alguns países da Europa e nos Estados Unidos, o que têm refletido em redução no volume em 60-65% de matéria seca, e o volume remanescente é comercializado para indústria de alimentação animal, participando como componente de ração, substituindo por vezes o melaço, graças à excelente palatibilidade (Freire e Cortez, 2000).

Vale ressaltar que a viabilidade econômica da aplicação da vinhaça depende da distância de aplicação, em função da adubação mineral substituída. Na literatura encontram-se diversas informações na qual a distância máxima economicamente viável para os caminhões é de 5 a 15 km (Cortez et al., 1992), de 13 a 34 km (Copersucar, 1978) e de 41 km (Freire e Cortez, 2000).

Diante dessas experiências positivas obtidas no exterior, a concentração da vinhaça poderá ser uma alternativa interessante na redução dos custos do manejo da vinhaça nas unidades produtoras de etanol. Por sua vez, em virtude da escassez de informações a respeito do assunto, há a necessidade de analisar a viabilidade econômica da concentração da vinhaça no cenário agrícola sucroalcooleiro brasileiro. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo calcular os custos de implantação de uma instalação de concentração de vinhaça e os custos da concentração da vinhaça, seu transporte e aplicação no campo, para uma usina sucroalcooleira, instalada no Estado de São Paulo.

## **Materiais e Métodos**

### **Base de dados**

Para o cálculo da viabilidade econômica da instalação de concentração de vinhaça foi considerada uma usina de capacidade de 2.000.000 toneladas de cana por safra, instalada no Estado de São Paulo. A unidade constitui-se de uma destilaria autônoma. Com a moagem diária e os teores

de açúcares redutores totais (ART) médio da cana de 16,5%, tem-se a produção diária de etanol,  $900 \text{ m}^3\text{dia}^{-1}$  pelo cálculo estequiométrico. Estipulou-se a safra típica de abril à novembro totalizando 210 dias. A relação de litros de vinhaça por litros de álcool considerada foi de 12 (Olguín et al., 1995; Wilkins et al., 2006; Laime et al., 2011).

A produtividade média considerada de cana-de-açúcar foi de 86 toneladas por hectare, o que teve como resultado a necessidade de uma área de plantio de 27.907 hectares. No projeto está considerado a vinhaça *in natura* com 3% de sólidos totais e será concentrada para 25% de sólidos totais.

A dosagem de vinhaça concentrada a ser aplicada nas áreas de cultivo foi de  $18 \text{ m}^3$  por hectare, a qual corresponde a uma taxa de  $150 \text{ m}^3$  de vinhaça *in natura* por hectare. O projeto concentrará vinhaça apenas para a aplicação nas áreas mais distantes da unidade industrial, a qual totalizam 3.400 hectares e que possuem raio médio de distância de 45 km. Os consumos considerados estão representados na tabela a seguir:

Tabela 1. Insumos da concentração de vinhaça, por tonelada de água evaporada.

Item	Unidade	Consumo
Vapor	kg	200,00
Energia elétrica	kWh	3,50
Água de resfriamento	$\text{m}^3$	10,00
Soda cáustica	50%	0,10
Ácido nítrico	53%	0,05

O evaporador considerado foi tipo falling film, com cinco efeitos. O processo contempla um sistema CIP (*cleaning in place*) com tempo de campanha de uma semana e utilização de soda cáustica (50%) e ácido nítrico (53%) para limpeza química.

Decorrente da evaporação da vinhaça gera-se o condensado, conforme balanço de massa que consta na Tabela 2. No estudo, o condensado da vinhaça retorna ao processo de fermentação, substituindo a vazão correspondente da água captada. O condensado do vapor segue para a linha de condensado da usina.

Tabela 2. Dados do processo de concentração de vinhaça ó Saídas.

Dados	Vinhaça concentrada	Condensado	
		Vinhaça	Vapor
Vazão ( $\text{t h}^{-1}$ )	14	20	99
°Brix	25	-	-
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	50	100	60

Os custos da concentração estão condicionados com a matéria-prima (vinhaça *in natura*), custos fixos e variáveis. Para a vinhaça *in natura* não foi atribuído custo. Compreendem os custos

fixos os seguintes itens: mão de obra, depreciação, manutenção, seguros e despesas administrativas. Enquanto os custos variáveis são os consumos específicos, vapor, energia elétrica, água de resfriamento, soda cáustica, ácido nítrico e despesas com financiamento.

Para o cálculo da depreciação, foi considerado um período de 10 anos para equipamentos, serviços de montagem eletromecânica, isolamento térmico e automação. Para obras civis, 25 anos. Ainda foram admitidos os custos indiretos de produção, constituindo as despesas relacionadas a manutenção, seguros e despesas administrativas. Os custos de manutenção considerados são de 2% ao ano sobre o valor do investimento inicial, 1,5% para seguros e 0,3% para as despesas administrativas.

Foram considerados os custos envolvidos no transporte de vinhaça *in natura* e concentrada, para ambas realizado por rodotrens. Para as operações de aplicação da vinhaça *in natura*, os custos foram baseados na utilização de canhão aspersor. Foi admitido o custo do consumo de óleo diesel da motobomba que alimenta o canhão.

Para a vinhaça concentrada, foram considerados os custos de aplicação de um caminhão *truck*, com tanque adaptado na aplicação na linha de plantio. Os ingressos no caixa do projeto sobre o aproveitamento do condensado foram devidos ao custo evitado pelo pagamento da taxa de captação da água, que atualmente é definido pelo Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá o valor de R\$ 0,01 m<sup>3</sup>.

## Cálculo

As receitas do projeto serão a diferença entre o custo do transporte e aplicação da vinhaça *in natura* e o custo do transporte e aplicação da vinhaça concentrada, para um raio de distribuição ou aplicação de 45 km, nas duas condições e a receita oriunda do custo evitado da captação de água, devido o aproveitamento do condensado.

As ferramentas financeiras utilizadas para analisar a viabilidade econômica da instalação de concentração de vinhaça consistem no Valor Presente Líquido (VPL), na Taxa Interna de Retorno (TIR) e os períodos de *payback* descontado, considerando um horizonte de planejamento de dez anos.

A taxa de desconto nominal a ser considerada no projeto é a Taxa Selic que, atualmente, é de 8,5% ao ano somado com 1,5% ao ano de encargo financeiro, totalizando 10,13% ao ano. Considerou-se uma inflação projetada de 4,5%, segundo o Banco Central e dessa forma, a taxa de desconto real é de 5,39% ao ano. No projeto, foi considerado a alíquota de Imposto de Renda de 34%.

Valor Presente Líquido (VPL): o VPL compara todas as entradas e saídas de capital na data inicial do projeto, descontando todos os valores futuros do fluxo de caixa a determinada taxa de

juros pré-estabelecida, que mede o custo de capital. Basicamente, é o cálculo de quanto os futuros pagamentos somados estariam valendo no presente (Pimentel et al., 2007).

O VPL é calculado pela expressão abaixo (Gitman, 2004):

$$VPL = \frac{\sum_{t=1}^n FC_t}{(1+k)^t} - I$$

É avaliado da seguinte forma: se o *VPL* for positivo, aceita-se o projeto, uma vez que há indícios de que o projeto gera lucro, portanto, tem viabilidade econômica; se o *VPL* for negativo, o projeto deverá ser rejeitado e; se o *VPL* for igual à 0, o projeto atende a taxa requerida mas não acresce valor a empresa.

Taxa Interna de Retorno (*TIR*): a *TIR* é provavelmente a ferramenta mais utilizada e também a mais sofisticada na avaliação de alternativas de investimentos. Ela é a taxa de desconto que torna o Valor Atual Líquido do investimento igual a zero ( $VPL = 0$ ), também chamada de taxa interna efetiva de rentabilidade. É uma taxa que equaliza o valor presente dos fluxos futuros, com o valor inicial (Pimentel et al., 2007).

Matematicamente, a *TIR* é o valor de  $k$  na equação 3.1, que faz com que o *VPL* se iguale a zero (Gitman, 2004):

$$\frac{\sum_{t=1}^n FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0 = 0 \quad , \text{ assim } : \quad \frac{\sum_{t=1}^n FC_t}{(1+TIR)^t} = FC_0$$

Para sua avaliação, algumas condições devem ser verificadas: se a *TIR* for maior que o custo de capital o projeto deve ser aceito e; se for menor, o projeto deve ser rejeitado.

Período de *Payback*: os períodos de *payback* são utilizados como critérios para avaliação da viabilidade e atratividade para investimentos a serem ou não realizados. O período de *payback* é o intervalo de tempo exato necessário para que o empreendimento possa recuperar o investimento inicial, a partir das entradas de caixa (Lapponi, 2007).

E da mesma forma que a *TIR* e o *VPL*, para análise de um projeto, algumas considerações devem ser observadas para o *payback*: se o período de *payback* for menor que o período máximo aceitável de recuperação, o projeto será aceito e; se o período de *payback* for maior que o período máximo aceitável de recuperação, o projeto será rejeitado.

Em relação ao tempo de retorno do capital, nessa pesquisa utilizará o método do fluxo de caixa descontado (*payback* descontado), que é diferente do *payback* simples (não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo). Quanto menor o tempo do *payback*, melhor é o projeto. Sua análise também fornece uma idéia de liquidez e segurança dos projetos (Lapponi, 2007).

O *payback* descontado pode ser calculado da seguinte fórmula (Perina, 2009):

*Payback* descontado =  $m + e$

$$f = \frac{\sum_{t=0}^m FCD_t}{FCD_{m+1}}$$

em que  $m$  é o número do período onde  $FCD$  é menor que o valor do  $FCO$  (parte inteira do *payback*),  $FCO$  é o fluxo de caixa operacional, resultado da soma algébrica de três estimativas: receita, custo e o imposto sobre lucro,  $t$  é o tempo em que o dinheiro foi investido no projeto,  $FCD$  é o fluxo de caixa descontado, e  $e$  é a fração do *payback*;

### **Análise dos Dados**

De maneira geral, para avaliar a viabilidade do projeto foi construído um fluxo de caixa para um período de 10 anos, na qual se computou todas as entradas e saídas monetárias do sistema abordado.

Para a análise de sensibilidade foram considerados os custos mais relevantes do processo de concentração, o vapor e energia elétrica. Outra variável que não é relacionada diretamente ao processo de concentração, mas está relacionado diretamente com as receitas do projeto é o óleo diesel. Sobre esses três custos, foram considerados aumento de 10% e uma queda de 10% sobre as premissas do projeto.

### **Resultados e Discussão**

#### **Avaliação dos custos de produção**

Por meio dos cálculos baseados no total de água evaporada por safra, verificou-se com relação aos custos fixos, que a depreciação é o custo mais representativo (19,93%), enquanto que nos custos variáveis, o maior foi o vapor (54,94%) seguido pelas despesas com energia elétrica (7,21%) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumos dos custos de concentração da vinhaça, com um valor de 498.960 t de água evaporada por safra.

Descrição	R\$	R\$ t <sup>-1</sup>	%
1. Matéria prima	0,00	0,00	0,00
Vinhaça	0,00	0,00	0,00
2. Custos fixos	1.068.660,00	2,14	31,12
Depreciação	724.000,00	1,45	21,08
Salários e encargos	55.860,00	0,11	1,63
Manutenção	152.000,00	0,30	4,43
Seguros	114.000,00	0,23	3,32
Despesas administrativas	22.800,00	0,05	0,66
3. Custos variáveis	2.365.070,40	4,74	68,88
Vapor	1.995.840,00	4,00	58,12
Energia elétrica	261.954,00	0,53	7,63
Água de resfriamento	37.422,00	0,08	1,09
Soda cáustica	37.422,00	0,08	1,09
Ácido nítrico	32.432,40	0,07	0,94

### Receitas do projeto

O custo do transporte da vinhaça foi calculado por quilômetro, obtendo-se o valor de R\$ 8,06 km<sup>-1</sup> (Tabela 4). Esse valor foi considerado tanto para o transporte de vinhaça *in natura* e concentrada.

Tabela 4. Resumo de formação do custo de transporte da vinhaça *in natura* e concentrada (R\$ ha<sup>-1</sup>).

Item	Custo (R\$ km <sup>-1</sup> )	%
Depreciação	2,12	26,27
Seguro	0,32	3,94
Conservação e Manutenção	1,69	21,01
Combustível	2,47	30,66
Lubrificante (20% do valor do combustível)	0,49	6,13
Motorista	0,56	6,99
Eventuais (5% sobre o total)	0,40	5,00
Total	8,06	100,00

Devido à vinhaça concentrada apresentar maior teor de nutrientes, o volume necessário a ser aplicado é menor (18 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), realizando menor número de viagens para suprir a necessidade por área conforme a Tabela 5. Considerando a mesma distância (45 km), como o número de viagens para transportar a vinhaça concentrada é menor que quando comparada com a *in natura*, os custos do transporte da concentrada é 7,5 vezes menor de que a da *in-natura*, sendo R\$ 239,29 e R\$ 1.812,78 por hectare, respectivamente.

Tabela 5. Comparação do custo do transporte da vinhaça *in natura* e concentrada (R\$ ha<sup>-1</sup>).

Item	<i>in natura</i>	Concentrada
Rodotrem capacidade (m <sup>3</sup> )	60,00	54,55
Distância ida e volta (km)		90,00
Dosagem de vinhaça (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	150,00	18,00
Quantidade de viagens	2,50	0,33
Custo por km (R\$)	8,06	8,06
Total	1.812,78	239,29

Como na aplicação da vinhaça *in natura* é realizada com canhão aspersor, o custo dessa operação foi de R\$ 26,60 ha<sup>-1</sup>, enquanto na aplicação de vinhaça concentrada, na qual se utiliza caminhão *truck* com tanque, o custo por hectare foi de R\$ 58,29 ha<sup>-1</sup>, conforme pode ser verificado na Tabela 6.

Tabela 6. Comparação do custo de aplicação da vinhaça *in natura* e concentrada (R\$ ha<sup>-1</sup>)

Vinhaça	Qtd	Valor Unit.	Custo Total
<i>in natura</i>	(1 ha <sup>-1</sup> )	(R\$ l <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )
Consumo de diesel pela bomba	14,00	1,90	26,60
Concentrada	(km ha <sup>-1</sup> )	(R\$ km <sup>-1</sup> )	(R\$ ha <sup>-1</sup> )
Aplicação com caminhão tanque	5,45	10,69	58,29

Verifica-se, na Tabela 7, que para uma mesma área o custo total é obtido pelo produto da área disponível de aplicação e o custo do transporte e aplicação da vinhaça. Observa-se que esse custo é mais de seis vezes menor quando se utiliza a vinhaça concentrada. Isso representa uma economia de R\$ 5.242.132,89, a qual se configura uma das receitas do projeto.

Tabela 7. Receitas geradas pela economia no transporte e aplicação de vinhaça concentrada (R\$ safra<sup>-1</sup>)

Item	<i>in Natura</i>	Concentrada
Área Disponível para aplicação (ha)	3.400	3.400
Custo transp. e aplic. vinhaça (R\$ ha <sup>-1</sup> )	1.839,38	297,57
Custo total (R\$)	6.253.881,60	1.011.748,72
Economia/Receita - (R\$ safra <sup>-1</sup> )		5.242.132,89

Conforme citado anteriormente, com a utilização do processo de concentração de vinhaça são produzidos 99 t h<sup>-1</sup> de condensado, resultando em 498.960 m<sup>3</sup> de condensado por safra, o qual pode ser utilizado no processo. Atualmente sabe-se que a cobrança pelo uso da água não é realizada em todo território nacional. Neste trabalho adotou-se a taxa paga pela captação de água das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, cujo valor é de R\$ 0,01 por metro cúbico captado (Igam, 2010). Embora a cobrança da taxa ainda seja restrita a essas bacias, a receita foi considerada como

não sendo representativa financeiramente no projeto, mesmo ciente que o aproveitamento do condensado tem grande relevância ambiental. Em algumas regiões do Estado, a CETESB já exige consumo de  $0,7 \text{ m}^3 \text{ t}^{-1}$  cana para licenciamento de novas unidades. Esse volume de condensado representa uma economia de R\$ 4.989,60. Conforme observar-se na Tabela 8, a economia do transporte e aplicação da vinhaça concentrada representa praticamente 100% da receita.

Tabela 8. Resumo das economias obtidas com o transporte e aplicação de vinhaça concentrada e a taxa de não captação da água.

Item	R\$	%
Economia do transporte e aplicação	5.242.132,89	99,9%
Economia com captação da água	4.989,60	0,1%
Total de Receitas	5.247.122,49	100,0%

### Análise econômica

Na Tabela 9, nota-se o efeito da variação de 10% dos insumos sobre os indicadores de viabilidade econômica do projeto. Verifica-se que quando varia 10% da quantidade de cada insumo isoladamente, o efeito da variação dos indicadores foi maior para vapor e diesel, e menor para energia elétrica.

Aumentando-se 10% no custo do vapor, ocorre redução na *TIR* (48,65%), no *VPL* (R\$ 18.361.526,27) e consequente aumento do *payback* descontado (aproximadamente quatro anos). Nessa situação, ainda o projeto poder ser considerado viável. No caso da redução de 10% do custo do vapor, tem-se *TIR* de 57,70%, *VPL* de 23.478.203,64 e *payback* descontado reduz para aproximadamente três anos e meio, o qual reduz substancialmente a atratividade do projeto.

Analisando-se o efeito da variação de 10% na energia elétrica, ocorre redução da *TIR* (52,59%), *VPL* (R\$ 20.584.083,00) e aumento não significativo no *payback* descontado (aproximadamente quatro anos). Com redução de 10% no custo da energia, os indicadores economicos sofreram pouca variação.

Caso ocorra uma variação de 10% nessa variável para cima ou para baixo, ainda o projeto apresenta indícios de viabilidade. Ao avaliar o efeito da variação de 10% do diesel, com a redução do custo do óleo diesel em 10%, ocorre a redução da *TIR* (48,49%) e do *VPL* (R\$ 18.273.820,01) e há aumento no período de *payback* descontado para aproximadamente quatro anos, desfavorecendo a atratividade do projeto. Com o aumento do custo de 10%, ocorre um aumento da *TIR* (57,85%) e *VPL* (R\$ 23.565.909,90) e *payback* descontado reduz para aproximadamente três anos e meio.

Conforme verificado na Tabela 9, os custos que podem comprometer a performance econômica-financeira do projeto são o aumento do custo do vapor e um recuo no preço do óleo diesel.

Tabela 9. Efeito da variação do custo dos insumos sobre a viabilidade do projeto.

Variação	TIR (%)	VPL (R\$)	Payback Descontado (Anos)
- 10% Vapor	57,70	23.478.203,64	3,38
+10% Vapor	48,65	18.361.526,27	4,14
- 10% Energia elétrica	53,78	21.255.646,91	3,67
+10% Energia elétrica	52,59	20.584.083,00	3,76
- 10% Diesel	48,49	18.273.820,01	4,16
+10% Diesel	57,85	23.555.909,90	3,38

### Avaliação financeira do projeto

Na Tabela 10, estão apresentados os indicadores da avaliação financeira do projeto no período de dez anos. Observa-se que a TIR foi igual 53,19%, sendo nove vezes maior que a taxa de desconto (5,39%). O VPL para a taxa de desconto considerada é de R\$ 20.919.864,96 e o *Payback* descontado foi 3,71 anos, indicando que o retorno do investimento ocorrerá após quatro anos, precisamente, três anos, oito meses e dezesseis dias.

Tabela 10. Avaliação financeira do projeto no período de 10 anos.

Indicadores	Unidade	Valor da Variável
VPL	R\$	20.919.864,96
TIR	%	53,19
<i>Payback</i> descontado	anos	3,71
Taxa de desconto real	%	5,39

### Conclusões

Devido a crescente preocupação com as questões ambientais associadas às exigências da legislação ambiental, a aplicação de vinhaça no solo tornou-se uma operação normalizada. Para o atendimento da norma técnica da CETESB (P4.231), as usinas terão que transportar a vinhaça para as áreas mais distantes, implicando no aumento do custo de produção. No atual cenário, a instalação de concentração de vinhaça, mostrou-se como uma possibilidade de investimento viável do ponto de vista ambiental e econômico, pois atende os requisitos da legislação em vigor e proporciona a redução dos custos de transporte, amenizando assim, o aumento dos custos de produção.

As projeções de custos e receitas na análise de sensibilidade do projeto, permitem afirmar que, a instalação de concentração de vinhaça é viável e o projeto poderá ser efetivado por unidades que tenham interesse e se enquadrem dentro dos pré-requisitos do projeto. As análises evidenciaram que o mesmo possui capacidade de pagamento e sinaliza viabilidade de execução.

**Referências**

ABREU JÚNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos Especiais em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 4, n. 1, p. 391-470, 2005.

ARIENZO, M.; CHRISTEN, E.W.; QUAYLE, W.; KUMAR, A. A review of the fate of potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 164, n. 2-3, p. 415-422, 2009.

CETESB ó Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **P4.231: vinhaça: critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. São Paulo: CETESB, 2006. 12p.

COPERSUCAR ó Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. Aproveitamento da vinhaça: viabilidade técnico-econômica. **Boletim Técnico Copersucar**, Piracicaba, 1978. 66p.

CORTEZ, L.A.; MAGALHÃES, P.S.G.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 111-146, 1992.

FREIRE, W.J.; CORTEZ, L.A.B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p.

GITMAN, L.J. **Princípios da administração Financeira**. 10 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004. 745p.

GOMES, M.T.M.S.; EÇA, K.S.; VIOTTO, L.A. Concentração da vinhaça por microfiltração seguida de nanofiltração com membranas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 6, p. 633-638, 2011.

HOFFMAN, P. Plate evaporators in food industry ó theory and practice. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 61, n. 4, p. 515-520, 2004.

IGAM ó Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Cobrança pelo uso de recursos hídricos começa em janeiro em Minas Gerais**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1->

ultimas-noticias/910-cobranca-pelo-uso-de-recursos-hidricos-comeca-em-janeiro-em-minas-gerais>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2010.

LAIME, E.M.O.; FERNANDES, P.D.; OLIVEIRA, D.C.S.; FREIRE, E.A. Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinhaça: uma revisão. **Revista Trópica ó Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 5, n. 3, p. 16-29, 2011.

LAPPONI, J. C. **Projetos de investimentos na empresa**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 332p.

NATARAJ, S.K.; HOSAMANI, K.M.; AMINABHAVI, T.M. Distillery wastewater treatment by the membrane-based nanofiltration and reverse osmosis processes. **Water Research**, Oxford, v. 40, n. 12, p. 2349-2356, 2006.

OLGUÍN, E.J.; DOELEL, H.W.; MERCADO, G. Resource recovery through recycling of sugar processing by-products and residuals. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 15, n. 2, p. 85-94, 1995.

PERINA, R. **Custos de produção e elaboração e análise de projetos**. PECEGE ó Investimento e Gestão na Agroindústria Sucroalcooleira. Piracicaba, 2009.

PIMENTEL, L.D.; SANTOS, C.E.M.; WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, V.A.; BRUCKNER, C.H. Estudo de viabilidade econômica na cultura da nozmacadâmia no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 500-507, 2007.

SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

WILKINS, M.R.; SINGH, V.; BELYEA, R.L.; BURIK, P.; WALLIG, M.A.; TUMBLESÓN, M.E.; RAUSCH, K.D. Effect of pH on fouling characteristics and deposit compositions in dry-grind thin stillage. **Cereal Chemistry Journal**, Saint Paul, v. 83, n. 3, p. 311-314, 2006.

ZAYAS, T.; RÓMERO, V.; SALGADO, L.; MERAZ, M.; MORALES, U. Applicability of coagulation/flocculation and electrochemical processes to the purification of biologically treated

vinasse effluent. **Separation and Purification Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 2, p. 270-276, 2007.