



VIABILIDADE ECONÔMICA DA VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA EM COGERAÇÃO SOB CONDIÇÕES DE RISCO: UM ESTUDO DE CASO

Marcelo Fodra¹ & Maura Seiko Tsutsui Esperancini²

RESUMO: A disponibilidade de energia elétrica, em quantidades suficientes e a preços competitivos, é um fator preponderante para o desenvolvimento econômico. A venda de energia elétrica excedente, produzida em um sistema de cogeração, cria uma nova fonte de receita para a empresa e contribui para a complementação da matriz elétrica brasileira. Este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica da realização de investimentos para a implantação de uma central de cogeração de energia elétrica, movida a bagaço de cana-de-açúcar, vendendo energia elétrica excedente a preços de mercado. A empresa objeto deste estudo foi uma usina sucroalcooleira, localizada no Estado de São Paulo. Utilizou-se o método do estudo de caso para a avaliação do potencial do investimento sob a ótica do VPL, Payback e TIR, complementando-se a análise com o Resultado Contábil, criando-se três cenários alternativos: mais provável, otimista e pessimista, cada qual com suas premissas. Foram usadas Simulações de Monte Carlo para introduzir os elementos de risco de cada cenário. Os resultados mostraram que o projeto é viável nas três avaliações de VPL. As análises de Payback e TIR confirmaram tais evidências. A avaliação pelo RC indicou que o projeto é mais arriscado no cenário pessimista, mas é viável no cenário mais provável e no otimista. Concluiu-se que o projeto é viável do ponto de vista econômico e contábil. Entretanto, deve-se ressaltar que a viabilidade apontada nos resultados é condicionada à manutenção dos preços futuros da energia elétrica vendida nos patamares dos preços históricos usados nas análises.

PALAVRAS-CHAVE: cogeração, risco, viabilidade econômica, simulação de Monte Carlo, estudo de caso.

ECONOMIC VIABILITY OF COGENERATION POWER TRADE-IN UNDER CONDITIONS OF RISK: A CASE STUDY

ABSTRACT: The availability of the electrical energy, in sufficient quantities and in competitive prices is a crucial factor to the economic development. The trade-in of the excess electrical energy produced in a system of cogeneration can be seen as an alternative to the creation of an additional source of revenues for ethanol power plants sector, besides contributing to the complementation of the Brazilian electrical headquarter with renewable sources. The objective of this study was to evaluate the economic feasibility of the implementation of a cogeneration electrical central using the excess of sugar cane bagasse and selling the excess of electrical energy with prices of the market. An ethanol power plant located in the state of Sao Paulo was used to this study. It was used the case study methodology, evaluating the potential of the investment under the viewpoint of the Net Present Value (NPV), Payback and Internal Rate of Return (IRR), and complementing the results of the Accounting Results (AC). It was created three alternative scenarios to reflect the level of the risk of every studied situation: the most likely, an optimistic and a pessimistic, each one with its assumptions. The Monte Carlo Simulations was used to insert the elements of risk to each scenario. The results showed that the project is feasible in all NPV scenarios. And the Payback and IRR analysis confirmed these evidences. The valuation with the AR showed that the project is most risky at the pessimistic scenario, but is feasibly in the most likely and the optimistic scenarios. It was concluded that the project is economic viable. However, the economic viability shown in the results is based on the maintenance of the future prices on the levels of the historical prices used in the analysis.

KEYWORDS: cogeneration; risk, economic viability, Monte Carlo simulation, case study.

¹ Faculdades Integradas de Ourinhos FIO - Universidade do Sagrado Coração USC. E-mail: m.fodra@ibest.com.br

² Universidade Estadual Paulista – FCA/Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu. Professora Doutora do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial do Programa de Pós-Graduação Energia na Agricultura. E-mail: maura@fca.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da história, a humanidade se utiliza de alguma forma de energia para a satisfação de necessidades diárias simples, como iluminação e aquecimento. À medida que as sociedades evoluem, também se tornam mais complexas a geração e o uso da energia.

A disponibilidade de energia elétrica, em quantidades suficientes e a preços acessíveis, é condição necessária para o desenvolvimento social e econômico de um país. Atualmente, ganharam força discussões sobre formas de produção de energia elétrica capazes de suprir as exigências para o desenvolvimento socioeconômico, preservando-se o meio-ambiente. Nessas condições, a obtenção de energia com uso de fontes alternativas ganhou espaço, cabendo à cogeração uma contribuição importante.

A cogeração de energia elétrica passou a ser vista como uma possibilidade de incremento das receitas de empresas de diversos setores, principalmente as sucroalcooleiras. Bolestieri (2002) define a cogeração como a obtenção de diversas formas de energia útil, pela geração combinada de energia elétrica e térmica (calor ou frio), a partir de um único combustível, podendo servir a processos distintos, proporcionando economia de recursos e o melhor aproveitamento do investimento realizado na estrutura de produção.

Os sistemas de cogeração também podem prestar uma contribuição importante na diversificação e na expansão da matriz elétrica nacional, por se tratar de uma fonte energética complementar à hidráulica, principalmente nos períodos de estiagem. Diversas organizações realizaram investimentos para adaptação de sua planta fabril, capacitando-as a produzir energia elétrica para o abastecimento interno e venda de excedentes, criando-se um novo produto a ser explorado pelas sucroalcooleiras. Todavia, deve-se considerar que o descumprimento do fornecimento de energia firme com as concessionárias, definidas em contratos bilaterais, os quais impõem salvaguardas para vendedores e compradores, implica penalidades vultosas aos vendedores que não cumprirem suas cotas de fornecimento, as quais devem ser consideradas nas análises. Também se deve considerar que este trabalho utilizou os preços passados corrigidos do MWh de energia elétrica comercializada. Caso o comportamento futuro dos preços não se mantenha e entrem em forte redução, em níveis menores do que os previstos no cenário pessimista, o projeto deverá ser reavaliado.

Este trabalho teve como objetivo estimar e analisar a viabilidade econômica da realização do investimento adicional de R\$ 100.000.000,00, planejado por uma empresa do setor sucroalcooleiro, objetivando a produção de 33 MWh de energia excedente e sua venda a preços de mercado, sob condições de risco.

Atualmente, a organização tem capacidade de produzir até 27 MWh de energia, usados para suprimento de necessidades da fábrica e administrativa. Após o investimento, pretende-se alcançar a produção de até 60 MWh de energia elétrica, durante a sua vida útil.

Esta pesquisa se justifica por se tratar de uma iniciativa de avaliar a viabilidade econômica de uma alternativa de investimento disponível a uma empresa que estuda aplicar recursos sob condições de risco. Além disso, os mecanismos propostos neste trabalho podem prestar uma contribuição para a avaliação de investimentos de outras empresas do setor sucroalcooleiro. As análises com os métodos do Valor Presente Líquido (VPL), Payback e Taxa Interna de Retorno (TIR) são aceitas no meio acadêmico, como afirmam Ross et al. (2002), e usadas por instituições financeiras na seleção de projetos. A mensuração das potencialidades de lucro também são de interesse de investidores e do mercado em geral, visto que a Contabilidade é considerada a linguagem dos negócios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A empresa sucroalcooleira objeto deste estudo está localizada na Região Sudoeste do Estado de São Paulo, pertencendo à Região Administrativa de Marília, distante 71 km da divisa com o Estado do Paraná. Predomina o clima tropical, com verão quente e sem estação seca de inverno, no qual a temperatura média do mês mais frio é situada entre -3°C e 18°C, mesotérmico, do tipo CFA (BIBLIOTECA VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2007).

Trata-se de uma organização de médio porte, que opera abaixo de sua capacidade máxima de moagem, processando uma média aproximada de 16.000 toneladas de cana por dia, além de produzir 550.000 litros/dia de álcool hidratado e 16.000 sacas de 50 kg por dia de açúcar cristal. A empresa produz internamente, por meio de uma central de cogeração, toda a energia elétrica necessária à manutenção de suas operações fabris e administrativas.

2.2 Fontes de dados

Os dados utilizados para a execução desta pesquisa são originários de fontes primárias, provenientes de informações gerenciais fornecidas pela própria empresa e de fontes secundárias, referentes a publicações específicas de órgãos reguladores e de fomento industrial.

Para a avaliação da viabilidade econômica, com uso do método do VPL, Payback e Taxa Interna de Retorno (TIR), foram coletadas informações internas, relativas ao investimento total projetado, custos com a utilização das linhas de transmissão de energia elétrica, manutenção

dos equipamentos, folha de pagamento, seguros e custos com a aquisição e transporte de bagaço de cana eventualmente adquirido de terceiros. Os preços do MWh comercializado foram obtidos nos leilões de energia da CCEE, corrigidos pelo IGP-M, com base em dezembro/2011.

Na avaliação com o critério do Resultado Contábil (RC), foram usados os mesmos dados primários das avaliações de VPL, *Payback* e TIR, incorporando-se a depreciação dos ativos e as provisões para despesas contingenciais.

A formação de provisões para contingências é um mecanismo usado na Contabilidade para incorporar ao resultado do empreendimento perdas prováveis, às quais não se sabe ao certo o valor desta perda, bem como o momento de sua ocorrência (HENDRIKSEN; VAN BREDA, 1999). A contabilização da depreciação tem como objetivo reconhecer o efeito patrimonial da perda da capacidade produtiva de um ativo ao longo do tempo (IUDÍCIBUS, 2004).

2.3 Método de análise

O método de análise adotado nesta pesquisa foi o Estudo de Caso, utilizando-se das técnicas da Análise de Cenários, com emprego da ferramenta de Simulação de Monte Carlo para a inserção dos elementos de risco da pesquisa.

O estudo de caso consiste em uma observação empírica, na qual se investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade, levando-se em conta todas as especificidades da situação real em estudo. Entretanto, como em todo método de pesquisa, os estudos de casos possuem argumentos positivos e negativos em relação ao seu uso. Dentre suas vantagens, destaca-se que este é um método apropriado para estudo de situações nas quais se buscam respostas sobre “como” e “por que” os fatos analisados ocorrem, além de ser o meio de estudo mais apropriado quando o pesquisador possui reduzido nível de controle sobre os fatos que observa. As deficiências creditadas ao método de estudo de casos são, principalmente, as associadas à eventual falta de regras de pesquisa, além das dificuldades de generalização dos resultados obtidos para uma população (YIN, 2010).

2.3.1 VPL: procedimentos metodológicos

A avaliação do potencial econômico do sistema de cogeração, o qual usa o bagaço de cana-de-açúcar como combustível, foi efetuado com base na simulação de resultados para a fórmula do VPL. Inicialmente, tornou-se necessário apurar o fluxo de caixa líquido anual do investimento, elencando-se as entradas e as saídas de caixa do projeto, durante a sua vida útil. Após este levantamento, calculou-se o VPL do empreendimento, pela diferença entre as entradas e saídas de recursos projetadas em cada ano de planejamento (WESTON; BRIGHAM, 2000).

O cálculo do VPL do projeto foi efetuado mediante apuração do fluxo de caixa livre descontado para cada ano da vida útil do empreendimento, pela diferença entre as entradas e saídas de caixa, a partir da adaptação de Gitman (2004). A regra de decisão foi: aceitar o projeto se $VPL > 0$:

$$VPL = - I_o + \sum \{[(1 - \text{TRIB}) * PV * Q] - (\text{TRA} + \text{FP} + \text{BAG} + \text{SEG} + \text{EMP} + \text{MAN})\} / (1+i)^n \quad (1)$$

Para:

I_o = Investimento inicial feito pela empresa

TRIB - Alíquota dos tributos incidentes sobre o faturamento da empresa

PV = Preço de venda da energia elétrica à concessionária com impostos, no ponto de conexão com a rede

Q = Quantidade de MWh de energia entregues à concessionária

TRA = Custo com uso de linhas de transmissão

FP = Custo com a folha de pagamentos e encargos sociais

BAG = Custo com aquisição de bagaço de terceiros

SEG = Custo com seguros da estrutura de cogeração

EMP = Pagamento de amortização e juros de empréstimos

MAN = Gastos com manutenção e revisões programadas da estrutura de cogeração

i = Taxa de desconto do fluxo de caixa do projeto

n = ano da vida útil do empreendimento

2.3.2 Payback: procedimentos metodológicos

Assaf Neto e Lima (2009) definem o método do *Payback* como a apuração do tempo necessário para se recuperar o investimento inicial feito no projeto com as suas entradas líquidas de caixa. Utilizou-se o *Payback* descontado para a averiguação do tempo de recuperação do investimento em cada cenário de análise.

Hirschfeld (2000) aponta que o *Payback* Descontado utiliza uma taxa de juros para trazer os fluxos de caixa futuros estimados à data focal zero.

O cálculo do *Payback* do projeto foi feito com a utilização dos resultados esperados dos fluxos líquidos de caixa anuais do empreendimento, em cada cenário. Para a composição dos fluxos líquidos foram usados os valores esperados (médios) das variáveis de risco em cada cenário de estudo: ($PV_{\text{médio}}$), ($i_{\text{médio}}$) e ($MAN_{\text{médio}}$). Os resultados anuais líquidos foram somados até se igualarem ao desembolso inicial previsto no projeto, de R\$ 20.000.000,00.

2.3.3 TIR: procedimentos metodológicos

Assaf Neto e Lima (2009) definem a TIR como a taxa de desconto que faz o VPL do empreendimento atingir valor nulo.

Para o cálculo da TIR em cada cenário foram utilizados os valores esperados (médios) das variáveis de risco ($PV_{\text{médio}}$) e ($MAN_{\text{médio}}$), apurando-se a taxa de desconto que torna nulo o VPL projetado, durante sua vida útil. A TIR foi obtida pela aplicação da fórmula:

$$- I_0 + \sum \left\{ \frac{[(1 - \text{TRIB}) * PV_{\text{médio}} * Q] - (\text{TRA} + \text{FP} + \text{BAG} + \text{SEG} + \text{EMP} + \text{MAN}_{\text{médio}})}{(1+i)^n} \right\} = 0$$

2.3.4 RC: procedimentos metodológicos

A apuração do Resultado Contábil (RC) do empreendimento foi realizada supondo-se que foram gerados resultados contábeis anuais, os quais podem ser lucro ou prejuízo. Considerando-se a diversidade de equipamentos e componentes, utilizou-se uma cota linear fixa de 10% ao ano para depreciação do ativo investido, compreendendo máquinas, esteiras, instalações elétricas e das obras de construção civil.

O modelo de RC foi construído a partir da definição de Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras - FINEC (2010):

$$\text{RC} = - I_0 + \sum \left\{ \frac{[(1 - \text{TRIB}) * PV * Q] - (\text{DEP} + \text{TRA} + \text{CONT} + \text{FP} + \text{BAG} + \text{SEG} + \text{EMP} + \text{MAN})}{(1+i)^n} \right\}$$

DEP = Cota anual de depreciação da estrutura fabril.

CONT = Reservas anuais para contingências.

As demais variáveis que participaram do modelo já foram definidas na seção sobre o VPL, adotando-se como regra de decisão aceitar o projeto se $RC > 0$.

Como os resultados apurados são anuais, houve a necessidade de se descontarem os valores na data focal zero, fazendo com que a data da soma dos resultados anuais coincida com a do investimento inicial realizado, tornando-os comparáveis.

2.4 Aplicação da Simulação de Monte Carlo e de Análise de Cenários

As análises econômicas do VPL, *Payback*, TIR e RC do projeto de investimento, incluindo-se as condições de risco, foram feitas com o emprego da técnica da Simulação de Monte Carlo, utilizando-se *software @Risk 4.5*.

A partir dos modelos de VPL, *Payback*, TIR e RC, foram inseridas as variáveis de risco de cada modelo, considerando-se as premissas estipuladas em cada cenário avaliado.

Os métodos ou modelos determinísticos são indicados quando os dados de entrada são perfeitamente conhecidos, mas não são os mais indicados quando existe alguma incerteza para os resultados esperados. Dessa forma, é mais conveniente que as análises sejam

feitas com emprego de métodos capazes de incorporar as flutuações das variáveis de risco que compõem o projeto (ALMEIDA, 2007).

O *@Risk 4.5* selecionou a distribuição estatística melhor adaptada ao conjunto de dados com uso de testes de aderência. A finalidade da aplicação dos testes de aderência é avaliar a proximidade dos dados coletados de uma distribuição estatística específica (WEBSTER, 2006). A qualidade do ajustamento foi testada pelo módulo *Bestfit*, utilizando-se o Teste Qui-Quadrado.

Para refletir as distintas possibilidades apresentadas no ambiente em que a empresa atua, utilizou-se a técnica de Análise de Cenários. Seu objetivo foi de avaliar o comportamento do VPL e do resultado contábil em distintas perspectivas de risco no ambiente de negócios no qual a organização se insere.

A técnica de análise de cenários é usada para se avaliarem as perspectivas estratégicas de um negócio em diversos enfoques, inclusive o financeiro. O termo cenário vem do inglês teatral *scenary*, que nos negócios, representa as possíveis transformações do futuro. Os cenários se constituem num conjunto de informações objetivas ou subjetivas sobre o futuro em estudo, que sofre influências de variáveis ambientais e interferem nos componentes dos projetos e nos seus resultados finais (CHIAVENATO; SAPIRO, 2003).

Titman e Martin (2010) salientam que a análise de cenários é uma técnica que permite aos analistas avaliarem o comportamento de diversos valores estrategicamente escolhidos de um investimento, sob diferentes situações ambientais futuras.

As premissas dos cenários usados na elaboração deste trabalho foram criadas a partir da metodologia proposta em Arantes e Famá (2009), realizando-se as simulações relativas ao cenário mais provável, otimista e pessimista.

No cenário mais provável, admitiu-se que as variáveis tenham comportamento parecido com o que se observa atualmente. O cenário otimista avaliou que a receita se eleve e os custos caíam, ao passo que, no cenário pessimista, considerou-se que a movimentação das variáveis cause elevação dos custos e redução das receitas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudou-se captar empréstimos de R\$ 80.000.000,00 junto ao BNDES, na modalidade FINEM, no segmento de Energias Alternativas. Admitiu-se tomar os recursos para pagamento em 16 anos, sem carência, amortizado no Sistema de Amortizações Constantes (SAC), à taxa de juros de 10,47% ao ano, com parcelas anuais, cabendo à empresa o aporte restante, de R\$ 20.000.000,00.

Na Tabela 1 podem ser visualizados os componentes necessários para a adaptação da planta fabril da usina, permitindo a produção de até 60 MWh de energia elétrica, destinando-se 33 MWh para a venda a preços de mercado:

Tabela 1: Orçamento de investimentos adicionais da central de cogeração.

Descrição	Valor (R\$)	Participação
Caldeira 220 tvh - 65 kgf/cm ² - 510° C	35.000.000,00	35%
Turbo Gerador de 32 MW	15.000.000,00	15%
Turbo Gerador de 20 MW	10.000.000,00	10%
Turbina para gerador de 8 MW	1.500.000,00	1,5%
Válvulas redutoras (80 tvh/65-1,5)	250.000,00	0,25%
Subestação elevadora de tensão	4.500.000,00	4,5%
Instalações elétricas internas	3.000.000,00	3,0%
Tubulações e válvulas	1.000.000,00	1,0%
Obras de engenharia civil	3.500.000,00	3,5%
Conexão com a rede de transmissão	15.000.000,00	15,0%
Licenças e documentação	3.000.000,00	3,0%
Eletrificação e preparo da moenda	8.250.000,00	8,25%
Total	100.000.000,00	100,0%

Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir da Tabela 1, nota-se que os itens que mais oneram os custos do projeto são a caldeira, os turbo geradores e os gastos com a conexão da subestação com a rede de transmissão de energia, correspondendo a 75% do investimento planejado.

O investimento adicional estimado pela empresa, para a implantação do projeto, é compatível com aquele proposto por Castro et al. (2008). Os autores argumentam que são necessários aproximadamente R\$ 3.000.000,00 por MWh de potência adicional instalada no sistema.

Os custos de conexão com a rede de transmissão foram estimados em R\$ 1.000.000,00 por km percorrido. Considerando-se que a central está distante aproximadamente 15 km do ponto de conexão com a rede, pressupondo-se gastos de R\$ 15.000.000,00 com este quesito. Esta estimativa é compatível com as avaliações da UNICA (2012), a qual considera que os custos de conexão com a rede podem representar até 30% do investimento total do projeto. Nas avaliações considerou-se que o empréstimo seria amortizado no Sistema de Amortizações Constantes (SAC).

Para a análise da viabilidade econômica do projeto em VPL, Payback e TIR, foram estabelecidos os cenários de estudo, cada qual com os seus pressupostos. A Tabela 2

mostra os custos operacionais anuais do empreendimento, nas avaliações mencionadas:

Tabela 2: Custos operacionais anuais usados na avaliação em VPL, Payback e TIR.

Custos	Cenários		
	Pessimista (R\$)	Mais Provável (R\$)	Otimista (R\$)
Linhas de Transmissão	1.680.000,00	1.680.000,00	1.680.000,00
Folha de Pagamento	250.000,00	250.000,00	250.000,00
Bagaço de Terceiros	3.150.000,00	2.700.000,00	2.250.000,00
Seguros	8.000.000,00	5.000.000,00	4.000.000,00
Total	13.080.000,00	9.630.000,00	8.180.000,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Os custos anuais com uso das linhas de transmissão e com a folha de pagamento permanecem inalterados nos três cenários construídos. Isto ocorreu em virtude das características contratuais deste item, acarretando dificuldades para alterações de seus valores, exceto nas situações pactuadas.

A operação da empresa demanda cerca de 4.000.000 toneladas de cana por safra, produzindo algo próximo de 1.350.000 toneladas de bagaço, abastecendo as necessidades de queima durante a safra, formando um estoque regulador, atendendo a empresa durante boa parte da entressafra. Avalia-se a necessidade de aquisição anual de aproximadamente 90.000 toneladas anuais de bagaço externo, para que o sistema de cogeração opere sem riscos de desabastecimento.

No cenário mais provável, considerou-se o custo de R\$ 30,00 por tonelada, enquanto estimou-se o custo por tonelada de R\$ 35,00 no cenário pessimista e R\$ 25,00 por tonelada no cenário otimista. Os preços de aquisição do bagaço são compatíveis com os apresentados por Luz et al. (2010) e Prudente et al. (2010).

Os custos com seguros foram estimados em 5% do investimento no cenário mais provável, elevando-se para 8% no cenário pessimista. No cenário otimista, avaliou-se desembolsar 4% ao ano com estes custos. A Tabela 3 mostra as estatísticas das variáveis de risco, obtidas após sua inserção no @Risk 4.5:

Tabela 3: Dados estatísticos de (PV).

Dados Estatísticos	Cenários (PV)		
	Pessimista	Mais Provável	Otimista
Distribuição	Beta Geral	Triangular	Triangular
Valor Mínimo	R\$ 94,83	R\$ 74,59	R\$ 103,80
Valor Máximo	R\$ 186,11	R\$ 196,72	R\$ 196,72
Média	R\$ 146,85	R\$ 153,90	R\$ 163,64
Moda	n/c	R\$ 190,41	R\$ 190,41
Mediana	R\$ 151,90	R\$ 158,69	R\$ 167,23
Variância	1.005,90	788,07	449,21
Desvio-Padrão	R\$ 31,72	R\$ 28,08	R\$ 21,19
Assimetria	-0,27	-0,56	- 0,56
Coefficiente de Variação	0,22	0,18	0,13

Fonte: Resultados da pesquisa.

Foram utilizados nas simulações dados de preços brutos, não descontados os tributos. A organização estudada não produz informações contábeis segregadas para cada atividade. Sendo assim, os impostos são computados e eventualmente compensados no resultado geral da empresa, o qual engloba as atividades de produção e venda de açúcar, etanol e energia elétrica.

O @Risk 4.5 selecionou a Distribuição Beta Geral para representar o conjunto de dados de (PV) no cenário pessimista, enquanto a Distribuição Triangular foi adotada no cenário mais provável e no otimista. A qualidade do ajustamento das distribuições aos dados coletados foi feita pelo Módulo Bestfit, com uso do Teste do Qui-Quadrado.

O (PV) esperado no cenário mais provável é de R\$ 153,90, enquanto no otimista é R\$ 163,64. Apenas no cenário pessimista foi encontrado preço médio inferior ao considerado razoável pelo setor sucroalcooleiro, de R\$ 150,00 por MWh comercializado. O formato da distribuição de preços no cenário pessimista não permitiu apuração de moda, ao passo que o preço mais frequente no cenário mais provável e no otimista foi de R\$ 190,41.

Considerando-se que (PV) é a variável mais influente nos resultados, a moda superior a R\$ 150,00 é um bom atrativo em favor do empreendimento. As dispersões têm comportamento esperado, evidenciado maior risco no cenário pessimista e menor no otimista.

O coeficiente de variação apurado em cada cenário comprova a evidência mencionada. Nos três cenários constituídos verificou-se assimetria negativa, indicando presença de valores extremos na cauda inferior das

distribuições de preços, o que pode gerar alguma distorção nos resultados das simulações.

A Tabela 4 mostra os elementos estatísticos de (i), após inseridos no @Risk 4.5:

Tabela 4: Dados estatísticos de (i).

Dados Estatísticos	Cenários (i)		
	Pessimista	Mais Provável	Otimista
Distribuição	Logística	Logística	Beta Geral
Valor Mínimo	Infinito	Infinito	10,47%
Valor Máximo	Infinito	Infinito	14,22%
Média	13,6947%	12,7680%	12,1345%
Moda	13,6747%	12,7680%	11,5511%
Mediana	13,6747%	12,7680%	11,6833%
Variância	0,00036544	$5,33 \times 10^{-4}$	0,00025641
Desvio-Padrão	1,9116%	2,3081%	1,6013%
Assimetria	0,00	0,00	0,2032
Coefficiente de Variação	0,012	0,18	0,01

Fonte: Resultados da pesquisa.

As estatísticas de (i) indicaram que a Distribuição Logística é a mais adaptada para representar o conjunto de dados nos cenários pessimista e mais provável. No cenário otimista, a distribuição mais apropriada foi a Distribuição Beta Geral.

Nota-se que a distribuição é simétrica no cenário mais provável, determinando média, moda e mediana iguais. A qualidade dos ajustamentos foi testada em todos os cenários pelo Módulo Bestfit, com emprego do Teste do Qui-Quadrado.

Como era de se esperar, as maiores taxas médias de desconto foram apuradas no cenário pessimista, enquanto as menores taxas foram encontradas no cenário otimista. Este comportamento reflete as expectativas de risco próprias de cada cenário de estudo, à medida que o grau de risco associado a cada situação é distinto. Observou-se no cenário pessimista que a distribuição tende à simetria, como atestam os coeficientes de assimetria informados na Tabela 4. Muito embora haja simetria no cenário mais provável, nele foi encontrado o maior nível de dispersão dos resultados, mostrando que o maior número de elementos que compuseram o conjunto de observações de taxas de desconto fez com que sua dispersão aumentasse em relação aos demais cenários estabelecidos. Apenas no cenário otimista foi verificada assimetria positiva.

A Tabela 5 apresenta o conjunto de dados de (MAN):

Tabela 5: Dados estatísticos de (MAN).

Dados Estatísticos	Cenários (MAN)		
	Pessimista	Mais Provável	Otimista
Distribuição	Risk Extreme	Logística	Uniforme
Valor Mínimo	Infinito	Infinito	477.571,00
Valor Máximo	Infinito	Infinito	6.016.429,00
Média	5.014.728,00	4.099.063,00	3.245.000,00
Moda	4.214.575,00	4.099.063,00	n/c
Mediana	4.722.646,00	4.099.063,00	3.245.000,00
Variância	3,16065695 x 10 ¹²	4,78 x 10 ¹⁵	2,568272 x 10 ¹²
Desvio-Padrão	1.777.908,00	2.187.253,00	1.600.000,85
Assimetria	1,14	0,00	0,00
Coeficiente de Variação	0,35	0,53	0,49

Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir das informações contidas na Tabela 5, observou-se que a distribuição melhor adaptada aos dados de (MAN), no cenário pessimista, foi a Distribuição Risk Extreme, enquanto a Distribuição Logística melhor representou os dados no cenário mais provável. No cenário otimista, a Distribuição Uniforme foi selecionada como a mais indicada. O @Risk 4.5 testou a qualidade dos ajustamentos com o Teste do Qui-Quadrado, com emprego do Módulo Bestfit.

Verifica-se que os gastos esperados com manutenção se apresentaram de forma decrescente, maiores no cenário pessimista e menores no cenário otimista. Este comportamento é tido como esperado, visto que a expectativa de desembolsos com manutenção e revisões programadas é sempre de se gastar mais a cada recrudescimento de cenário. Os valores de (MAN) mais frequentemente observados confirmam as expectativas de se gastar mais com manutenção no cenário pessimista. A ausência de moda no cenário otimista é própria da distribuição selecionada, como se vê na Tabela 5. Nos três cenários constituídos se verifica a elevada dispersão dos elementos, indicando o elevado grau de risco associado a esta variável nas simulações. Apenas no cenário pessimista foi apurada uma forte assimetria positiva, sugerindo a presença de valores extremos na cauda inferior do conjunto de dados, o que pode elevar o potencial de risco de (MAN) naquele cenário.

Após realizadas as 10.000 iterações das variáveis de risco sobre o modelo de VPL, foram gerados os resultados simulados em cada cenário, descritos na Tabela 6:

Tabela 6: Resultados das simulações de VPL.

Porcentil	Cenário (Valores em R\$)		
	Pessimista	Mais Provável	Otimista
10°	(34.206.060,00)	17.864.310,00	60.193.550,00
20°	(15.503.990,00)	46.732.610,00	81.800.570,00
30°	7.104.541,00	68.385.400,00	98.269.800,00
40°	31.352.010,00	87.053.630,00	111.440.000,00
50°	55.251.810,00	103.091.800,00	123.992.800,00
60°	75.019.660,00	117.826.500,00	135.573.800,00
70°	91.689.490,00	132.644.000,00	146.651.300,00
80°	105.278.900,00	149.014.900,00	159.664.500,00
90°	119.740.300,00	169.846.400,00	177.408.000,00
Mínimo	(102.369.200,00)	(70.051.010,00)	(69.887.990,00)
Máximo	224.047.300,00	353.396.700,00	433.663.800,00
Média	48.241.040,00	98.871.300,00	120.947.300,00
Moda	110.136.800,00	99.048.420,00	144.986.800,00
Desvio Padrão	58.712.820,00	59.111.582,00	43.604.040,00
CV	1,22	0,60	0,36
Assimetria	-0,14	-0,06	-0,22

Fonte: Resultados da pesquisa.

Analisando-se as saídas produzidas nas simulações de VPL, notou-se que houve probabilidades elevadas de obtenção de VPL positivo no cenário mais provável e no otimista. No cenário pessimista, as análises mostram que há aproximadamente 80% de probabilidades de alcance de VPL positivo. Ainda conforme as observações da Tabela 6, notou-se a ocorrência de elevado valor modal nas simulações de VPL do cenário otimista. Este resultado pode ser explicado, ao menos em parte, pela elevada dispersão própria do risco deste cenário, conforme o coeficiente de variação calculado, de 1,22. Também se observou assimetria negativa nos resultados dos três cenários constituídos na pesquisa, relatando a presença de valores extremos na cauda inferior das distribuições de resultados simulados.

Na Tabela 7 podem ser visualizados os resultados da análise de sensibilidade das variáveis usadas nas avaliações de VPL, em cada cenário simulado:

Tabela 7: Coeficientes de sensibilidade das variáveis de risco na produção de VPL.

Variáveis	Cenário					
	Pessimista		Mais Provável		Otimista	
	Regressão	Correlação	Regressão	Correlação	Regressão	Correlação
(PV)	0,954	0,945	0,894	0,889	0,863	0,898
(i)	-0,165	-	-0,333	-0,301	-0,303	-0,362
(MAN)	-0,209	0,184 0,199	-0,268	-0,250	-0,265	-0,266
R ²	0,9867		0,9734		0,9818	

Fonte: Resultados da pesquisa.

De acordo com a Tabela 7, (PV) é a variável mais influente nos resultados de VPL simulados nos três cenários constituídos. A maior dependência dos preços foi percebida no cenário pessimista. Aumentos de R\$ 1,00 em (PV) induzem aumentos de R\$ 0,95 no VPL do projeto no cenário pessimista, ao passo que a mesma variação provoca aumentos de \$ 0,89 no cenário mais provável e R\$ 0,86 no cenário otimista.

O comportamento de (i) e de (MAN) foi oposto, embora ocorresse em menor escala. Aumentos de 1,0% em (i) reduzem em 0,165% o VPL do projeto no cenário pessimista, enquanto variações na mesma proporção provocam reduções de 0,333% no VPL do cenário mais provável e de 0,303% no cenário otimista.

O impacto dos gastos com manutenção sobre o VPL, captados pelo coeficiente de regressão de (MAN), é mais forte no cenário mais provável. Elevações de R\$ 1,00 nos gastos com manutenção provocam redução de R\$ 0,27 no VPL do projeto, enquanto as mesmas alterações provocam redução de R\$ 0,21 no cenário pessimista e de R\$ 0,26 no cenário otimista.

A Tabela 7 mostra que existe correlação positiva forte entre os elementos de (PV) e os resultados simulados. A mesma Tabela 7 indica que (i) e (MAN) possuem correlação negativa e fraca com os resultados de VPL simulados.

A qualidade do ajuste das variáveis aos resultados obtidos nas simulações se mostrou excelente, visto que nos três cenários constituídos, as variáveis conseguiram explicar aproximadamente 98% das variações dos resultados, restando aproximadamente 2% destas variações creditadas a outros elementos ou a variáveis que não participaram das simulações. A seguir, foram calculados os tempos de Payback em cada cenário, bem como a sua respectiva TIR, como visto na Tabela 8:

Tabela 8: Resultados de Payback e TIR por cenário de avaliação.

Cenário	Payback	TIR
Pessimista	5,26 anos	31,28% ao ano
Mais Provável	1,82 anos	68,50% ao ano
Otimista	1,29 anos	91,72% ao ano

Fonte: Resultados da pesquisa.

Introduzindo-se os resultados de $(PV_{\text{médio}})$, $(i_{\text{médio}})$ e $(MAN_{\text{médio}})$ em cada cenário, foram obtidos os resultados apontados na Tabela 8, os quais indicam que o projeto se paga em 5,26 anos no cenário pessimista, enquanto leva 1,82 anos no cenário mais provável e em 1,29 anos no cenário otimista. Estas saídas mostram que os resultados líquidos anuais de caixa, após descontados, são favoráveis e permitem a recuperação dos R\$

20.000.000,00 investidos em recursos próprios em menos de dois anos, exceto no cenário pessimista. A diluição de 80% do investimento inicial do longo de 16 anos operou decisivamente na obtenção dos resultados descritos pelo Payback e TIR. Também se observou que em todos cenários constituídos a TIR foi superior ao custo de capital, indicando outro fator positivo em favor da implantação do projeto. Segundo os resultados apurados, existe espaço para mudanças no ambiente de negócios, gerando reflexos nos riscos estimados, e o projeto ainda será capaz de oferecer VPL positivo.

3.3 Análise pelo Método do RC

Os preceitos da Contabilidade diferem dos fundamentos usados na avaliação com ênfase no fluxo de caixa, feitas com VPL, Payback ou TIR. Dentre as principais diferenças, destacam-se a inclusão da depreciação do ativo do projeto, bem como o reconhecimento de prováveis despesas, em função de gastos previsíveis com autuações ambientais, questões trabalhistas e de outras naturezas, que podem onerar o projeto. A contabilização dos passivos contingenciais se justifica pela elevada probabilidade da empresa sofrer autuações de naturezas variadas, cobertas pelas reservas para contingências propostas.

A Contabilidade, por meio de suas técnicas e práticas, oferece ao gestor a possibilidade de acompanhar o desempenho da organização usando-se indicadores financeiros, capazes de formar uma espécie de painel de controle do desempenho econômico da empresa (IUDÍCIBUS, 1998). Existem três razões principais para que as empresas divulguem os seus resultados baseados em informações contábeis: os resultados da empresa são declarados a título de lucros contábeis aos acionistas e ao mercado; os tributos pagos pelas empresas são, em geral, apurados com base no lucro contábil do exercício; medidas de retorno amplamente aceitas pelo mercado, como Retorno Sobre o Ativo (RSA) e Retorno Sobre o Patrimônio Líquido (RSPL) são calculadas por meio de critérios contábeis (DAMODARAN, 2001).

Foi usada uma taxa linear de 10% ao ano sobre o total dos ativos fixos do projeto, de R\$ 100.000.000,00, perfazendo cota anual de depreciação de R\$ 10.000.000,00, até o décimo período da vida útil do empreendimento. Após o término do prazo legal de depreciação desses ativos, não foram mais reconhecidas despesas projetadas com esse item. A Tabela 9 mostra os custos anuais do projeto em cada cenário:

Tabela 9: Custos operacionais anuais usados na avaliação em RC.

Custos	Cenários		
	Pessimista (R\$)	Mais Provável (R\$)	Otimista (R\$)
Linhas de Transmissão	1.680.000,00	1.680.000,00	1.680.000,00
Folha de Pagamento	250.000,00	250.000,00	250.000,00
Bagaço de Terceiros	3.150.000,00	2.700.000,00	2.250.000,00
Seguros	8.000.000,00	5.000.000,00	4.000.000,00
Provisões Contingenciais	3.000.000,00	2.000.000,00	1.200.000,00
Depreciação (10 anos)	10.000.000,00	10.000.000,00	10.000.000,00
Total	26.080.000,00	21.630.000,00	19.380.000,00

Fonte: Dados da pesquisa.

Na perspectiva contábil, considerou-se que os custos com uso de linhas de transmissão, folha de pagamento e encargos sociais, aquisição de bagaço de cana de terceiros e os gastos com seguros seriam mantidos como na avaliação de VPL, além da inclusão de depreciação.

A formação de provisões para contingências é um mecanismo usado na Contabilidade para fazer incorporar ao resultado do exercício prováveis ocorrências relativas a ele, as quais, contudo, não tenham se materializado efetivamente. Assim, preservam-se as características do Princípio da Competência, pela qual os gastos e despesas incorridas são alocados no seu período de referência (HENDRIKSEN; VAN BREDA, 1999).

Entretanto, não há uma Teoria Contábil capaz de prever exatamente o valor dos eventos futuros, que devem ser alocados aos exercícios sociais respectivos. Portanto, para que a Contabilidade consiga cumprir as suas funções de fornecer subsídios para a estimação do desempenho futuro das organizações, a formação das provisões se faz absolutamente necessária (WATTS; ZIMMERMAN, 1986). Após a realização das 10.000 iterações das variáveis de risco usadas no modelo de RC, foi produzida a Tabela 10, a qual reporta os resultados apurados na análise de cada cenário, em percentis:

Tabela 10: Resultados das simulações de RC.

Percentil	Cenário (Valores em R\$)		
	Pessimista	Mais Provável	Otimista
10°	(107.313.300,00)	(52.999.410,00)	10.596.960,00
20°	(90.085.960,00)	(22.975.400,00)	33.457.000,00
30°	(67.641.940,00)	1.578.414,00	50.100.740,00
40°	(42.603.070,00)	17.937.570,00	64.348.560,00
50°	(18.569.410,00)	34.177.850,00	47.838.120,00
60°	3.021.896,00	49.256.040,00	89.456.130,00
70°	19.050.000,00	63.100.400,00	100.530.800,00
80°	31.769.470,00	78.551.740,00	113.332.300,00
90°	44.634.260,00	97.472.510,00	130.177.600,00
Mínimo	(198.591.700,00)	(151.799.000,00)	(56.503.520,00)
Máximo	171.568.000,00	163.516.300,00	175.333.500,00
Média	(26.131.020,00)	28.383.070,00	73.508.000,00
Moda	34.986.170,00	68.321.850,00	86.708.180,00
Desvio Padrão	58.163.450,00	57.657.890,00	44.725.130,00
CV	2,23	2,03	0,61
Assimetria	-0,22	-0,21	-0,29

Fonte: Resultados da pesquisa.

Os resultados produzidos nas simulações são menos favoráveis do que os alcançados nas simulações em VPL. Todavia, estas divergências são explicadas pela inclusão de elementos típicos da linguagem contábil, que não representam efetiva saída de caixa.

A inclusão das cotas de depreciação e da formação de reservas contingenciais onerou diretamente o resultado do projeto, diminuindo seu potencial de lucro. Observou-se que no cenário pessimista, as probabilidades de lucro foram de aproximadamente 50%, enquanto, no cenário mais provável, evoluíram para cerca de 80%. No cenário otimista se projetam as melhores expectativas, restando aproximadamente 95% de probabilidade de obtenção de lucros.

A maior amplitude, determinada pela diferença entre o máximo e o mínimo valor simulado, foi observada no cenário pessimista. Também foi neste cenário em que se evidenciou prejuízo como resultado esperado. No cenário mais provável e no otimista, projetou-se resultado contábil lucrativo no final da vida útil do empreendimento.

O elevado coeficiente de variação apurado no cenário pessimista (Tabela 10) confirmou o maior potencial de risco daquele cenário, pois seu valor é maior do que os obtidos nos demais. Observou-se que ocorre assimetria negativa nos resultados de todos os cenários, indicando a existência de valores extremos nas caudas inferiores das distribuições de frequências das saídas das simulações.

A Tabela 11 mostra os coeficientes obtidos nas análises de sensibilidade das variáveis usadas nas simulações de RC, em cada cenário:

Tabela 11: Coeficientes de sensibilidade das variáveis de risco na produção de RC.

Variáveis	Cenário					
	Pessimista		Mais Provável		Otimista	
	Regres-são	Corre-lação	Regres-são	Corre-lação	Regres-são	Corre-lação
(PV)	0,966	0,960	0,924	0,925	0,919	0,902
(i)	-0,053	-	-0,215	-0,206	-0,286	-0,277
(MAN)	-0,208	0,054	-0,272	-0,249	-0,267	-0,256
		0,224				
R ²	0,9866		0,9731		0,9911	

Fonte: Resultados da pesquisa.

Assim como se constatou nas análises de VPL, (PV) se mostrou a variável que mais fortemente afetou os resultados do projeto. Aumentos de R\$ 1,00 nos preços da energia vendida geram elevações de R\$ 0,97 no cenário pessimista e de aproximadamente R\$ 0,92 no cenário mais provável e otimista.

As variáveis (i) e (MAN) exerceram influências negativas sobre o RC do projeto, apresentando comportamento natural para estes tipos de variáveis. Em termos de associações entre as variáveis e os resultados, (PV) possui correlação positiva forte com este, ao passo que (i) e (MAN) tem correlação negativa fraca com o RC simulado em cada cenário. O poder explicativo das variáveis é altamente satisfatório, como relatado pelo R² constante na Tabela 11.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na pesquisa apontaram que o projeto é viável em todos os cenários de VPL, pois existem probabilidades reduzidas de ocorrência de VPL negativo. Na pior das hipóteses, o cenário pessimista exibiu probabilidade de VPL negativo de aproximadamente 20%. Os resultados do Payback e da TIR confirmaram estas evidências. No cenário pessimista, o investimento inicial pode ser recuperado em até 5,26 anos, enquanto, nos demais, em menos de 2 anos.

No âmbito contábil, os resultados foram menos expressivos, porém favoráveis. As simulações do cenário pessimista mostraram aproximadamente de 50% de probabilidade de obtenção de lucro, enquanto, no cenário mais provável, esta probabilidade evolui para 80%, restando menos de 10% de probabilidade de prejuízo ao cenário pessimista.

Portanto, considerando-se os resultados obtidos nas simulações, concluiu-se que o projeto é viável, recomendando-se sua implantação. Entretanto, os achados devem ser recebidos com uma ressalva importante, pois os resultados simulados foram decisivamente influenciados pelos preços da energia comercializada (PV). A viabilidade econômica do projeto fica condicionada à manutenção dos preços de venda da energia elétrica próximos aos verificados nos leilões da CCEE. Caso ocorra queda dos preços de mercado da energia elétrica, o empreendimento teria seus resultados certamente comprometidos.

Finalmente, sugere-se a aplicação desta pesquisa em outras empresas do setor sucroalcooleiro, buscando verificar a possibilidade de generalização dos resultados obtidos.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. C. F. **Avaliação energética econômica da cultura do milho em assentamento rural, Iperó - SP**. 2007. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Agronomia de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.
- ARANTES, E. N.; FAMÁ, R. Orçamentos de capital sob condições de incerteza: analisando o risco: da análise de sensibilidade à simulação de Monte Carlo em MS EXCEL. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO, 12., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEA/USP, 2009.
- ASSAF NETO, A. LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2009.
- BALESTIERI, J. A. P. **Co-geração: geração combinada de eletricidade e calor**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2002.
- BIBLIOTECA VIRTUAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Geografia do Estado de São Paulo**. São Paulo, março 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecavirtual.sp.gov.br/pdf/saopaulo-geografia.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2011.
- CASTRO, N. J. et al. **Bioeletricidade e a indústria de álcool e açúcar: possibilidades e limites**. Rio de Janeiro: Synergia, 2008.
- CHIAVENATO, I.; SAPIRO, A. **Planejamento estratégico: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- DAMODARAN, A. **Corporate finance: theory and practice**. 2nd. ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS CONTÁBEIS, ATUARIAIS E FINANCEIRAS

(FIECAFI). **Manual de contabilidade societária:** aplicável a todas as sociedades de acordo com as normas internacionais e o CPC. São Paulo: Atlas, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira.** 10. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

HENDRIKSEN, E.; VAN BREDA, M. **Teoria da contabilidade.** São Paulo: Atlas, 1999.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

IUDÍCIBUS, S. **Análise de balanços.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

IUDÍCIBUS, S. **Teoria da contabilidade.** 4. ed. São Paulo: Atlas 2004.

LUZ, T. P. A. et al. **Avaliação termodinâmica e termoeconômica do aproveitamento energético da vinhaça num sistema de cogeração de energia de uma usina sucroalcooleira.** Serra Negra: DINCON, 2010.

Disponível em:
<<http://www.sbmac.org.br/dincon/trabalhos/PDF/energy/69206.pdf>>. Acesso em: 4 jul. 2012.

PRUDENTE, D. S. et al. **A utilização do bagaço da cana-de-açúcar na composição da dieta no confinamento bovino.** Lins: Unilins, 2010. Disponível em:
<<http://revista.unilins.edu.br/index.php/cognitio/article/viewFile/3/>>. Acesso em: 28 ago. 2012.

ROSS, S.; WESTERFIELD, R.; JAFFE, J. **Administração financeira:** corporate finance. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TITMAN, S.; MARTIN, J. D. **Avaliação de projetos e investimentos:** valuation. Porto Alegre: Bookman, 2010.

UNICA. **Para UNICA, os custos de conexão com a rede limitam a expansão da bioeletricidade no país.** São Paulo: UNICA, 24 ago. 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/7813915920335416218/para-unica-por-cento2C-custos-de-conexao-a-rede-limitam-expansao-da-bioeletricidade-no-pais/>>. Acesso em 04 set. 2012.

WATTS, R.; ZIMMERMAN, J. L. **Positive accounting theory.** New Jersey: Pearson Prentice Hall, 1986.

WEBSTER, A. L. **Estatística aplicada à administração e economia.** São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

WESTON J. F.; BRIGHAM E. F. **Fundamentos da administração financeira.** 10. ed. São Paulo: Pearson Education, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.