

**GILBERTO GARCIA BONATO FILHO**

**PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL A PARTIR DE  
SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DE CACHAÇA PARA ASSOCIAÇÃO DE  
PRODUTORES**

**Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.**

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2013**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

Bonato Filho, Gilberto Garcia, 1986-

B699p  
2013

Produção de álcool combustível a partir de subprodutos da  
fabricação de cachaça para associação de produtores / Gilberto  
Garcia Bonato Filho. – Viçosa, MG, 2013.  
xvi, 98f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: José Helvécio Martins.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Álcool como combustível. 2. Etanol - Produção.
  3. Álcool como combustível - Aspectos econômicos. 4. Cachaça.
- I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia  
Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.  
II. Título.

CDD 22. ed. 662.6692

**GILBERTO GARCIA BONATO FILHO**

**PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL A PARTIR DE  
SUBPRODUTOS DA FABRICAÇÃO DE CACHAÇA PARA ASSOCIAÇÃO DE  
PRODUTORES**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

**APROVADA: 26 de setembro de 2013**

---

**Sammy Fernandes Soares**

---

**Sérgio Maurício Lopes Donzeles**

---

**Roberto Precci Lopes**  
(Co-orientador)

---

**Juarez de Sousa e Silva**  
(Co-orientador)

---

**José Helvecio Martins**  
(Orientador)

*Os anos passam... O conhecimento é acumulado, algum conhecimento esquecido, outros ultrapassados, mas os valores são eternos e a lembrança de alguns mestres permanece. Agradeço ao meu orientador o professor José Helvécio Martins, por ter me aceitado como seu aluno, ao coorientador o professor Roberto Precci Lopes por ter acreditado em mim e pela orientação científica criteriosa e crítica, estimulando e dando o tempo para uma construção pessoal do trabalho, a disponibilidade que sempre manifestou e a empatia com que recebeu as minhas ideias, foram o estímulo que me permitiu vencer as inseguranças deste processo e por fim ao professor Juarez de Sousa e Silva pela oportunidade de muito aprender com a experiência e conhecimento científico e por me mostrar a importância de lutar pela agricultura familiar brasileira.*

**A vocês dedico!**

*Aos meus pais, Gilberto Garcia Bonato e Margaret Ramalho Bonato, pelos ensinamentos da vida, pela formação do meu caráter, por acreditar nos meus sonhos e pela confiança incondicional, à minha irmã maravilhosa Cíntia que nos dará um presente futuramente, à minha noiva Helena Facchini Rodrigues pelo amor, companheirismo, confiança, apoio e palavras de consolo.*

*Amo vocês!*

**A vocês ofereço!**

## AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo o que acontece em minha vida, nunca sei o que Deus tem pra me dar, mas sei que conhece o meu coração, meus medos e minhas necessidades. Obrigado pelo carinho, pelo cuidado com minha família, pelas pessoas que colocou em meu caminho, por nunca desistir de mim, por me amparar em meus momentos tristes.

À Universidade Federal de Viçosa, que foi a minha casa por um período importante da minha vida, especialmente ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos proprietários do Sítio do Compadre, Henrique e Valdir, pela inestimável ajuda e oportunidade de realizar a pesquisa no Sítio.

Aos meus padrinhos Pedro Rossi e Auxiliadora, por me acolherem como filho durante este período em sua casa.

Aos amigos conquistados neste período da Universidade que levarei para sempre.

Aos mestres pelos ensinamentos.

Ao Sr. Carlos Augusto Dutra Rodrigues, pelo apoio, ensinamentos, por aguçar o meu senso crítico e tentar buscar o conhecimento na fonte. Um amante da ciência, que transpira conhecimentos.

À minha família maravilhosa que tanto amo e aos meus avós que passaram ao convívio de Deus durante o período em que eu estava na UFV, Telezio David Bonato e Darcy José Rodrigues. O ensinamento e as lembranças maravilhosas ficam na eternidade.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste sonho.

## **BIOGRAFIA**

**Gilberto Garcia Bonato Filho**, filho de Gilberto Garcia Bonato e Margaret Ramalho Bonato, nasceu em Miraf - MG, no dia 30 de julho de 1986.

Em maio de 2006, iniciou o Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, colando grau em Agosto de 2011.

Em Agosto de 2011, iniciou o Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, na área de Energia na Agricultura, sendo bolsista do CAPES, submetendo-se à defesa de dissertação em setembro de 2013.

Antes de defender o mestrado ingressou no mercado de trabalho, sendo contratado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Muriaé.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>2</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>13</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>15</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1. FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO .....	19
3.2. PRODUTIVIDADE DO CANAVIAL .....	20
3.3. VOLUME DE CALDO .....	21
3.4. DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE CORTE DE UM HOMEM.....	21
3.5. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE BAGAÇO PRODUZIDA .....	22
3.6. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE PONTA DE CANA PRODUZIDA .....	22
3.7. DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES DE CABEÇA, CORAÇÃO E CAUDA NA DESTILAÇÃO DA CACHAÇA.....	23
3.8. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁLCOOL PRODUZIDO A PARTIR DA CABEÇA E CAUDA DA DESTILAÇÃO DA AGUARDENTE. ....	23
3.9. ANÁLISES DA QUALIDADE DO ÁLCOOL.....	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
4.1. PRODUTIVIDADE DO CANAVIAL .....	24
4.2. VOLUME DE CALDO .....	25
4.3. DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE CORTE CANA POR UM HOMEM .....	26

4.4.	DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE BAGAÇO PRODUZIDA .....	28
4.5.	DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE PONTA DE CANA PRODUZIDA .....	29
4.6.	DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES DE CABEÇA, CORAÇÃO E CAUDA NA DESTILAÇÃO DA CACHAÇA.....	30
4.7.	DETERMINAÇÃO DA POTENCIALIDADE DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL A PARTIR DAS FRAÇÕES CABEÇA E CAUDA DA CACHAÇA.....	32
4.8.	ANÁLISE DA QUALIDADE DO ÁLCOOL.....	34
4.9.	COEFICIENTES TÉCNICOS.....	35
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>36</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>36</b>
	<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>39</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>43</b>
3.1.	CUSTO DA TERRA.....	46
3.2.	PRODUÇÃO DA CANA .....	46
3.2.1.	Preparo da terra .....	46
3.2.2.	Plantio .....	46
3.3.	PRODUÇÃO DE CACHAÇA .....	46
3.3.1.	Corte da cana .....	47
3.3.2.	Equipamentos .....	47
3.4.	COMERCIALIZAÇÃO DA CACHAÇA .....	48
3.4.1.	Produção de álcool .....	48
3.4.2.	Galpão para produção do álcool .....	49
3.4.3.	Tanque para armazenamento do pré-destilado .....	49
3.4.4.	Coluna de retificação .....	49
3.4.5.	Tanque para armazenamento de álcool.....	49
<b>4.</b>	<b>ORGANIZAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO .....</b>	<b>50</b>
4.1.	ANÁLISE ECONÔMICA .....	51
4.1.1.	Valor presente líquido (VPL) .....	52
4.1.2.	Taxa interna de retorno (TIR).....	52

4.1.3.	Relação benefício custo (RBC).....	53
4.1.4.	Tempo de retorno do capital (TRC) .....	53
4.2.	ESTUDOS DE CASOS.....	53
4.2.1.	CASO 1: Produção de cachaça com alambique de 300 litros .....	54
4.2.2.	CASO 2: Produção de cachaça com alambique de 500 litros .....	55
4.2.3.	CASO 3: Produção de cachaça com alambique de 700 litros .....	56
4.2.4.	CASO 4: Produção de cachaça com alambique de 1.000 litros .....	57
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>58</b>
5.1.	CUSTO DA TERRA.....	58
5.2.	PRODUÇÃO DA CANA.....	58
5.3.	PRODUÇÃO DE CACHAÇA .....	62
5.3.1.	Corte da cana .....	62
5.3.2.	Estudos de casos.....	62
5.4.	COMERCIALIZAÇÃO DA CACHAÇA .....	65
5.5.	ORGANIZAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO .....	65
5.6.	PRODUÇÃO DE ÁLCOOL NA ASSOCIAÇÃO .....	67
5.7.	ANÁLISE ECONÔMICA .....	68
5.7.1.	Estudo de caso 1 .....	68
5.7.2.	Estudo de caso 2 .....	71
5.7.3.	Estudo de caso 3 .....	73
5.7.4.	Estudo de caso 4 .....	75
5.7.5.	<b>Inclusão de taxistas .....</b>	<b>80</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>81</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>
	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>83</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>86</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>86</b>
3.1.	POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE VINHAÇA.....	87
3.2.	POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA.....	87

3.3.	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA VINHAÇA E DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL A PARTIR DA CABEÇA E CAUDA.....	87
3.4.	ANÁLISE DO SOLO DA PROPRIEDADE .....	88
3.5.	APLICAÇÃO DA VINHAÇA E DO RESTILO EM SOLO AGRÍCOLA.....	88
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>90</b>
4.1.	POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE VINHAÇA.....	90
4.2.	POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA (RESTILO).....	91
4.3.	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA VINHAÇA E DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL A PARTIR DA CABEÇA E CAUDA.....	94
4.4.	APLICAÇÃO DA VINHAÇA E DO RESTILO NO SOLO .....	95
4.4.1.	Análise do solo da propriedade.....	95
4.4.2.	Determinação da dose de aplicação em solo agrícola .	95
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>97</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produtividade do canavial .....	24
Tabela 2. Volume de caldo produzido.....	26
Tabela 3. Produtividade de corte de cana de um homem.....	27
Tabela 4. Determinação da produção do bagaço .....	28
Tabela 5. Produção da ponta de cana por tonelada de cana colhida .....	29
Tabela 6. Frações de cabeça, cauda e coração na destilação da cachaça .....	30
Tabela 7. Volume de álcool combustível produzido a partir da mistura cabeça e cauda .....	33
Tabela 8. Resultado da análise do álcool combustível de acordo com as normas da ANP (ANP, 2002).....	35
Tabela 9. Coeficientes técnicos de produção .....	36
Tabela 10. Capacidade de produção diária dos participantes da associação .	51
Tabela 11. Valor dos equipamentos utilizados para a produção de cachaça ..	54
Tabela 12. Parâmetros para a produção de cachaça em alambique de 300 litros.....	54
Tabela 13. Valor dos equipamentos utilizados para a produção de cachaça ..	55
Tabela 14. Parâmetros para a produção de cachaça em alambique de 500 litros.....	56
Tabela 15. Valor dos equipamentos utilizados para a produção de cachaça ..	56
Tabela 16. Parâmetros para a produção de cachaça em alambique de 700 litros.....	57
Tabela 17. Valor dos equipamentos utilizados para a produção de cachaça ..	57
Tabela 18. Parâmetros para a produção de cachaça em alambique de 1.000 litros.....	58
Tabela 19. Custos de produção da cana por hectare .....	60
Tabela 20. Custos da produção da cachaça com alambique de 300 litros .....	62

Tabela 21. Custos da produção da cachaça <b>com</b> alambique de 500 litros .....	63
Tabela 22. Custos da produção da cachaça <b>com</b> alambique de 700 litros .....	64
Tabela 23. Custos da produção da cachaça com alambique de 1.000 litros ...	64
Tabela 24. Produção de cachaça e da mistura cabeça e cauda por associado .....	66
Tabela 25. Custos com equipamentos para a produção de álcool combustível de fazenda.....	67
Tabela 26. Custos para a produção de álcool .....	67
Tabela 27. Divisão das cotas referentes ao volume de pré-destilado.....	68
Tabela 28. Resumo da análise econômica para os dois primeiros ciclos de produção da cachaça .....	79
Tabela 29. Resumo da análise econômica para os dois primeiros ciclos de produção do etanol.....	79
Tabela 30. Produção de Vinhaça.....	90
Tabela 31. Produção de vinhaça por associados .....	91
Tabela 32. Frações de cabeça, cauda e da mistura .....	92
Tabela 33. Produção de pré-destilado a partir da produção da cachaça.....	93
Tabela 34. Volume de restilo de cada associado.....	94
Tabela 35. Resultado da análise da vinhaça .....	94
Tabela 36. Resultado da análise do restilo .....	95
Tabela 37. Análise de nitrogênio total (NT), fósforo (P) e potássio (K) presentes no solo .....	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma de produção de alimentos e energia pela pecuária e cana-de-açúcar. Fonte: Silva, 2011. ....	7
Figura 2 - Mapa do município de Cajuri mostrando a aptidão edafoclimática para a cana-de-açúcar. Fonte: Zoneamento Ecológico e Econômico (2013). ....	9
Figura 3 - Mapa do município de Cajuri mostrando o índice de monocultura da cana-de-açúcar. Fonte: Zoneamento Ecológico e Econômico (2013). ....	9
Figura 4 - Mapa do município de Cajuri mostrando situação da estrutura fundiária. Fonte: Zoneamento Ecológico e Econômico (2013). ....	10
Figura 5 – Fermentação pelo processo de corte das dornas. Fonte: Silva, 2011. ....	17
Figura 6 – Representação da fermentação alcoólica da sacarose. ....	18
Figura 7 - Fluxograma de produção de álcool. ....	19
Figura 8 - Esquema de amostragem para avaliação da produção e produtividade da propriedade utilizada como unidade experimental. ....	20
Figura 9 - Abrigo da moenda com cana recém-colhida. ....	21
Figura 10 - Produtividade do canavial por amostragem. ....	25
Figura 11 – Volume de caldo para cinco amostras de cana. ....	26
Figura 12 - Produtividade de corte de cana de um homem por amostragem. .	27
Figura 13 – Produtividade de bagaço de cana por amostra. ....	29
Figura 14 – Produtividade da ponta da cana. ....	30
Figura 15 - Planta baixa da estrutura da associação. ....	44
Figura 16 - Vista frontal do galpão da associação. ....	45
Figura 17 - Vista lateral do galpão da associação. ....	45
Figura 18 - Vista frontal da área de armazenamento do álcool. ....	45

Figura 19 - Planilha para cálculo do custo da operação de aração do terreno. ....	59
Figura 20 - Planilha para cálculo do custo operacional de gradagem do terreno. ....	59
Figura 21 – Área adicional de cana-de-açúcar para alambique de 300 litros. .	60
Figura 22 – Áreas adicionais de cana-de-açúcar para alambique de 500 litros. ....	61
Figura 23 – Área adicional de cana-de-açúcar para alambique de 700 litros. .	61
Figura 24 – Área adicional de cana-de-açúcar para alambique de 1.000 litros. ....	61
Figura 25 - Planilha para análise econômica. ....	69
Figura 26 - Análise econômica da produção de álcool. ....	70
Figura 27 - Análise econômica de produção do álcool para o segundo ciclo. .	70
Figura 28 - Planilha para análise econômica. ....	71
Figura 29 - Análise econômica da produção de álcool. ....	72
Figura 30 - Análise econômica de produção do álcool para o segundo ciclo. .	73
Figura 31 - Planilha para análise econômica. ....	74
Figura 32 - Análise econômica da produção de álcool. ....	74
Figura 33 - Análise econômica de produção do álcool para o segundo ciclo. .	75
Figura 34 - Planilha para análise econômica. ....	76
Figura 35 - Análise econômica da produção de álcool. ....	77
Figura 36 - Análise econômica de produção do álcool para o segundo ciclo. .	78
Figura 37 - Comparativo da produção de cachaça e etanol para diferentes tamanho de alambiques. ....	78
Figura 38 - Análise econômica da participação de taxistas na associação. ....	81

## RESUMO

BONATO FILHO, Gilberto Garcia, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2013. **Produção de álcool combustível a partir de subprodutos da fabricação de cachaça para associação de produtores.** Orientador: José Helvécio Martins. Coorientadores: Roberto Precci Lopes e Juarez de Sousa e Silva.

A produção de etanol em grande escala vem sendo questionada por segmentos do mercado internacional, que valorizam mecanismos limpos e sociais na produção de *commodities* e *bioenergia* (emprego, renda, fluxo migratório, mudanças climáticas e poluição). Cita-se como exemplo as pressões para a proibição da queima da cana. A produção de etanol em pequena escala por pequenos e médios agricultores pode trazer benefícios que as usinas de grande porte não são capazes de propiciar, tais como o abastecimento de mercados locais e regionais gerando renda e emprego para comunidades carentes e desenvolvimento regional, mão-de-obra familiar permanente, com retorno e investimento no próprio negócio. Com a participação do pequeno e médio agricultor, a oferta do álcool poderia ser mais bem distribuída e desatrelada da posição das grandes usinas, que muitas das vezes opta pela produção de açúcar por apresentar maior lucratividade. Sendo assim, neste trabalho objetivou-se realizar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da produção de álcool combustível, a partir da “cabeça” e “cauda” da cachaça em associação de produtores. Foram determinados parâmetros de produção desde a colheita da cana até à obtenção do álcool combustível. Com os coeficientes de produção obtidos determinou-se o potencial de produção de álcool combustível de fazenda a partir da “cabeça” e da “cauda” em associação de produtores de cachaça na microrregião de Viçosa. O potencial de produção de álcool combustível na fazenda, a partir da “cabeça” e da “cauda” da cachaça em associação de produtores, na microrregião de Viçosa, foi determinado a partir dos coeficientes de produção obtidos experimentalmente. Coeficientes técnicos de produção, tais como produtividade de corte, volume de caldo, quantidade de bagaço e de ponta, o volume de “cabeça” e de “cauda”, foram determinados a partir dos resultados obtidos no campo. Finalmente, o volume de etanol foi determinado a partir da “cabeça” e “cauda”. A análise econômica da produção de álcool combustível foi realizada para quatro casos, que

variaram de acordo com o volume da panela do alambique. Os casos estudados foram para alambiques de 300, 500, 700 e 1.000 litros e os resultados mostraram que a produção de álcool combustível a partir da “cabeça” e “cauda” da cachaça em associação de produtores é uma atividade viável. O custo de produção de um litro de álcool para o primeiro ciclo da cana-de-açúcar ficou em torno de R\$ 1,00 para todos os casos estudados e R\$ 0,70 para o segundo ciclo. Como a comercialização do álcool só pode ser realizada entre associados ou vendido a distribuidores verificou-se, neste estudo, a possibilidade de integrar à associação os taxistas locais para consumo do combustível produzido. Essa opção apresentou, também, resultados positivos para as partes envolvidas no projeto. Finalmente, foi verificada a relação da produção de vinhaça e do restilo com o meio ambiente. O estudo mostrou que, em pequena escala, esta produção não agride o meio ambiente e a quantidade de vinhaça produzida não é um problema ambiental e pode ser utilizada para fertirrigação, alimentação de animais ou ser biodegradadas, com produção de biogás. O restilo, por apresentar poucos compostos biodegradáveis, deve ser tratado quimicamente e reutilizado em operações de limpeza ou como fluido para resfriar o álcool produzido antes de ser lançado no meio ambiente.

## ABSTRACT

BONATO FILHO, Gilberto Garcia, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa September, 2013. **Ethanol production using byproducts from the manufacture of sugarcane brandy in association of producers.** Adviser: José Helvécio Martins. Co-advisers: Roberto Precci Lopes and Juarez de Sousa e Silva.

Ethanol production on a large scale has been questioned by segments of the international market, which value clean and social mechanisms in the production of commodities and bioenergy (employment, income, migration, climate change and pollution). Pressures to banning the burning of sugar cane are examples. Ethanol production on a small scale by small and medium farmers can bring benefits that large plants are not able to provide, such as supplying local and regional markets, generating income and employment for poor communities and regional development, permanent family manpower, with return on investment and business itself. With the participation of small and medium farmers, the supply of alcohol could be more evenly distributed, regardless of the large plants that frequently opt for sugar production due to its higher profitability. Therefore, this study aimed to analyze the technical, economic and environmental viability of ethanol production from the "head" and "tail" fractions of sugarcane brandy at the association of producers. Production parameters were determined since the sugarcane harvest until obtaining the alcohol fuel. The potential for production of fuel ethanol on the farm, from the "head" and "tail" of sugarcane brandy in producers' association, in the micro-region of Viçosa, was determined from the production coefficients obtained experimentally. Technical coefficients of production such as cutting productivity, volume of juice, amount of bagasse and tip, the volume of "head" and "tail", and finally the volume of ethanol from the "head" and "tail" were obtained from data collected in the field. The economic analysis of the production of ethanol was performed for four cases, which varied according to the volume of the pan of the alembic. The cases were alembic with capacity for 300, 500, 700 and 1,000 liters and the results showed that the production of fuel alcohol from the "head" and "tail" of sugar cane brandy producers association is a feasible activity. The cost of producing a liter of alcohol for the first cycle of sugar cane was around \$ 0.42 for all cases studied and \$ 0.30 for the second cycle. Since the marketing of alcohol can only be made between associated or sold to distributors it was

found in this study the possibility of integrating the local taxi drivers association for consumption of the fuel produced. The results of this option were also positive for the parties involved in the project. Finally, it was investigated the relationship of the production of vinasse and wastewaters with the environment. The study showed that small-scale production do not harm the environment and the amount of produced vinasse is not an environmental problem and can be used for fertigation, animal feed or be biodegraded, with biogas production. The wastewaters by presenting a few biodegradable compounds should be chemically treated and reused in cleaning operations, or as fluid for cooling the alcohol produced before being released into the environment.

---

## INTRODUÇÃO

---

## INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, e também o maior produtor de etanol de açúcar a partir da cana. O estado de São Paulo é o maior produtor de cana com uma área de 4.560,88 mil ha, seguido por Minas Gerais (827,97 mil ha), Goiás (827,03 mil há), Paraná (624,02 mil há) e Mato Grosso do Sul com 586,22 mil ha. Juntos, esses estados são responsáveis por 83,5% da produção, de acordo com o primeiro levantamento para a safra de cana-de-açúcar CONAB, 2013/2014. Ainda segundo este levantamento, apesar da instabilidade climática em algumas regiões produtoras de cana, a produtividade média brasileira está estimada em 73.520 kg/ha, maior que a safra 2012/13, que foi de 69.407 kg/ha.

Estima-se que a produção de etanol para a safra de 2013/14 seja de 25,77 bilhões de litros, superior a 8,99% em relação ao ano de 2012/13. Para atingir esta produção foram destinadas 49,27% da produção de cana-de-açúcar ou o equivalente 322,15 milhões de toneladas de cana para a produção de etanol. O estado de Minas Gerais é o terceiro maior produtor de etanol com 9,79% do total, ficando atrás somente de São Paulo com 49,10% da produção e de Goiás que tem uma participação de 14,21% da produção brasileira.

Devido ao aquecimento global causado pelo efeito estufa, decorrente da emissão de gases oriundos da queima de combustíveis fósseis, existe uma tendência em nível mundial de restrição do uso destes combustíveis, determinada por pressões ambientalistas, econômicas e sociais, com isso a área cultivada com a cana-de-açúcar deve crescer no país. Segundo Salla et al. (2009), a cadeia da cana-de-açúcar é potencialmente sustentável e pode contribuir como alternativa energética para vários segmentos que demandam combustíveis fósseis.

O Brasil apresenta algumas vantagens quando comparado a outros países, no caso da agricultura, para a produção de etanol. Uns dos diferenciais é a disponibilidade de terras aráveis e condições climáticas favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar. Segundo o site Portal do Agronegócio (2013) a previsão de área dedicada à atividade agrícola em 2013 é de 67,7 milhões de hectares. A área plantada com cana-de-açúcar de acordo com a CONAB (2013) é de 8,89 milhões de hectares, ou seja, 13,13% da área total, sendo que

aproximadamente metade da área da cana é destinada a produção de açúcar, com isso fica claro que o etanol não compete com a produção de alimentos.

O mercado de biocombustíveis vem crescendo em todo o mundo, criando novas oportunidades de negócios para o país. A necessidade de diversificar a matriz energética dos países dependentes de petróleo e a redução da dependência e das oscilações de preços do produto no mercado internacional são as principais razões para o investimento em combustíveis alternativos como o etanol.

Segundo Goldenberg, citado pelo informativo do Setorial News Energia (2011), caso sejam cumpridos as metas de adição de etanol à gasolina pelos países que adotarem esta prática, a demanda mundial por etanol passará dos atuais 70 bilhões para 200 bilhões de litros até 2020, para substituir apenas 20% do consumo mundial de gasolina.

Segundo Kohlhepp (2010), os preconceitos que os Estados Unidos e a Europa possuem com relação à importação do etanol brasileiro não possuem fundamento, pois o etanol, além de diminuir o impacto ambiental, apresenta melhor balanço energético e não diminui a produção de gêneros alimentícios.

De acordo com o Caderno de Energia EPE (2008), o etanol de cana é mais competitivo do que o etanol de milho. Enquanto a cana-de-açúcar gera oito unidades de energia para cada unidade de energia utilizada para produzi-la, o milho, matéria-prima do etanol norte-americano, gera cerca de uma unidade de energia para cada unidade utilizada em sua produção.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos exigiu em 2012 que as empresas de combustível utilizassem 1,9 bilhões de litros de biocombustíveis para misturar a gasolina e pretende triplicar este valor até 2013, importando 30% a mais de etanol do Brasil (SUGARONLINE, 2012). Porém, com o aumento do consumo interno dificilmente o Brasil poderá atender este mercado.

A produção de etanol em grande escala vem sendo questionada por segmentos do mercado internacional, que valorizam mecanismos limpos e sociais na produção de *commodities* e *bioenergia* (emprego, renda, fluxo migratório, mudanças climáticas e poluição). Cita-se como exemplo as pressões para a proibição da queima da cana. Já produção de etanol em

pequena escala por pequenos e médios agricultores pode trazer benefícios que as usinas de grande porte não são capazes de propiciar: abastecer mercados locais e regionais gerando renda e emprego para comunidades carentes e desenvolvimento regional. Nas grandes usinas a mão de obra é temporária e assalariada. Na agricultura de pequeno e médio porte é permanente e familiar, com retorno e investimento no próprio negócio. Com a participação do pequeno e médio agricultor, a oferta do álcool poderia ser mais bem distribuída e desatrelada da posição das grandes usinas, que muito das vezes opta pela produção de açúcar por apresentar maior lucratividade.

Ciente da importância da agroenergia para o país, o Plano Nacional de Agroenergia (2006) estabeleceu como meta a criação de políticas públicas voltadas para a inclusão social, a regionalização do desenvolvimento e a sustentabilidade ambiental. Dentro deste contexto, a produção de biocombustível em pequenas e médias propriedades vem ganhando força junto aos governos estaduais e federal. Em Minas Gerais foi instituída a Política de Incentivo às Microdestilarias de Álcool e Beneficiamento de Produtos derivados da Cana de Açúcar, voltados para pequenas e médias propriedades, para produção de até 5.000 L.dia<sup>-1</sup> (lei estadual 15.456/2005 de 12/01/2005), Assembleia de Minas, 2005. Em nível federal foi aprovada pela Câmara dos Deputados, em 28 de dezembro de 2012, alteração do projeto de lei (PL 5/2011) que permite a produção de biocombustíveis para autoconsumo por cooperativas agropecuárias e entre seus associados. Acredita-se que estas medidas constituem o primeiro passo para a flexibilização da lei dos combustíveis, para abastecimento de mercados regionais por produtores em vez de distribuidoras.

Diferentemente do Brasil, nos Estados Unidos a produção de etanol, que tem como matéria prima o milho, teve incentivo de políticas públicas, investimento industrial e desenvolvimento de tecnologia sob duas formas. A primeira consistiu de subsídios agrícolas para garantir a produção de matéria-prima, e a segunda, um subsídio de US\$ 0,50 por galão de etanol para os processadores o que tornou a indústria mais competitiva (BECERRA PEREZ, 2012).

A cachaça é uma bebida genuinamente brasileira, sua produção é uma atividade econômica tradicional no Brasil. A aguardente de cana é a terceira

bebida destilada mais consumida no mundo (EMBRAPA, 2013). No Brasil a cachaça é a segunda bebida alcoólica mais consumida ficando atrás somente da cerveja.

A cachaça é obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, sem adição de açúcar, corante ou outras substâncias químicas. A cachaça vem se destacando por sua qualidade e pelo empreendedorismo de muitos produtores (SORATTO et al., 2007).

A Instrução Normativa nº13, de 29 de junho de 2005, do MAPA, define a cachaça como a denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% a 48% do volume a 20°C. É obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6 g L<sup>-1</sup>, expressos em sacarose.

Em um levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Cachaça (IBRAC, 2012), estima-se que existem no país mais de 40.000 produtores e 4.000 marcas de cachaça com 99% dos produtores sendo microempresários. O setor é responsável por gerar mais de 600.000 empregos diretos e indiretos com produção estimada em 1,2 bilhões de litros.

Apesar da expressiva produção, grande parte da produção de cachaça de alambique é de qualidade inferior e por isso, comercializada a preços baixos, o que torna a atividade pouco remuneradora e, uma das causas da baixa qualidade é a não adoção de boas práticas de fabricação.

A observância das técnicas de produção de cachaça de qualidade deve ser uma preocupação constante do produtor. A exigência do mercado consumidor por produtos de melhor qualidade impõe cada vez mais normas de segurança alimentar e de qualidade na produção, portanto, separar a cabeça e a cauda durante o processo de destilação da cachaça é essencial para que se obtenha, na fabricação, um produto de melhor qualidade.

A destilação do caldo de cana fermentado é dividida em três frações: cabeça, coração e cauda. A primeira e a última fração (cabeça e cauda) não devem ser aproveitadas para a produção de cachaça, pois são ricas em substâncias indesejáveis, como por exemplo, aldeídos e fenóis, sendo prejudiciais à saúde do consumidor, portanto, são estes os resíduos que

podem ser utilizados para a produção de álcool combustível (SORATTO et al., 2007). Com estas parcelas podem-se produzir quantidades significativas de etanol para o atendimento das necessidades de energia do produtor rural (uso automotivo, produção de energia mecânica, geração de energia elétrica, uso em fogões e para outros fins) (SILVA, 2011).

A produção de cachaça artesanal de qualidade é muito parecida com a produção de álcool fabricado a partir da fermentação do caldo de cana. As etapas são muito semelhantes, o que permite aproveitar quase todos os equipamentos utilizados no preparo do fermento ou pé-de-cuba, na moagem da cana, na decantação e diluição do caldo, na fermentação e destilação do vinho. A principal diferença está no fato de que a destilação da cachaça é feita em alambiques tradicionais, enquanto a produção de álcool é realizada em colunas de destilação denominadas coluna de retificação. É importante ressaltar que o produtor de cachaça já domina grande parte do processo da produção de álcool, sendo necessária apenas a aquisição de uma coluna de retificação.

Quando o produtor de cachaça é também um produtor de etanol, é natural a tendência da melhoria da qualidade da cachaça, pois existe um enorme interesse pela parte dele de produzir o álcool combustível para consumo ou comercialização da associação da qual faz parte.

Entretanto, no caso dos produtores de cachaça que não produzem álcool é de praxe redestilar as frações cabeça e cauda, adicionando o destilado à cachaça de coração, obtendo maior volume de produção, mas de qualidade inferior.

De acordo com a publicação, Tecnologia de Produção de Cana-de-açúcar e Cachaça de Minas de Qualidade, elaborada pela EMATER de Minas Gerais (EMATER, 1999), o fracionamento dos destilados devem ser realizados da seguinte forma: a cabeça deve corresponder a 1% do volume total do vinho, o coração a 16% do volume total do vinho e a cauda a 3% do volume total do vinho.

A Figura 1 apresenta a integração da produção de cana com a pecuária, através da geração de subprodutos nas duas atividades, como bagaço, vinhoto, composto orgânico, e produção de leite, carne, cachaça e etanol.

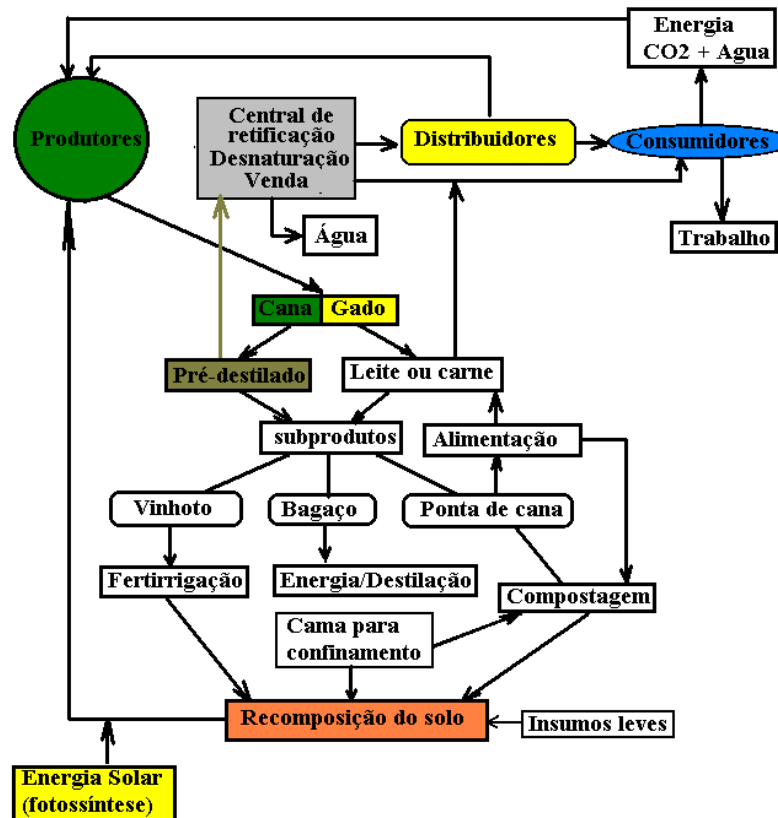


Figura 1- Fluxograma de produção de alimentos e energia pela pecuária e cana-de-açúcar. Fonte: Silva, 2011.

A produção integrada de álcool combustível, aguardente de qualidade, carne e leite é uma promissora alternativa para garantir o abastecimento e ser, adicionalmente, uma das melhores fontes de geração de energia, emprego e renda no campo. Esta alternativa não compete com a produção das grandes usinas, pelo contrário, constitui uma alternativa complementar de suprimento energético regional ou local, permitindo as grandes unidades atender aos grandes centros consumidores e ao mercado externo, que vem apresentando demanda crescente por açúcar e etanol (SILVA, 2011).

Embora as oportunidades sejam boas não se devem esquecer os aspectos ambientais associados à produção de etanol. Na produção de cachaça ou de álcool produz-se a vinhaça que se lançada em cursos d'água ou depositada no solo sem manejo adequado, pode acarretar danos ambientais por apresentar elevada DBO ( $>20.000 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Porém, se manejada de forma correta, pode trazer benefícios para a propriedade com economia de fertilizante, por se tratar de um resíduo rico em matéria orgânica e em nutrientes, particularmente potássio (MATOS, 2010). A DN 164/2011, estabelece normas complementares para usinas de açúcar e destilarias de

álcool, referentes ao armazenamento e aplicação de vinhaça e águas residuárias no solo agrícola.

Este estudo pretende trazer subsídios para os produtores de cachaça que pretendem produzir álcool combustível a partir da cabeça e cauda da produção. Um dos objetivos específicos é o de determinar a viabilidade técnica através do levantamento de coeficientes de produção que são importantes para o planejamento e quantificação do potencial de produção de álcool a partir da produção de cachaça. Outro objetivo é o estudo da viabilidade econômica para que o produtor tenha noção do investimento e do retorno na atividade e por fim a questão ambiental, apresentando alguns impactos causados pela disposição final dos resíduos e apresentando soluções adequadas para o aproveitamento destes na produção.

A opção por estudar a produção de álcool combustível em sistema de associação de produtores teve como base o aproveitamento do tempo de ociosidade na produção de cachaça, menor custo de investimento e facilidade na comercialização do álcool.

Este trabalho foi realizado no Sítio do Compadre, localizado na cidade de Cajuri, microrregião de Viçosa – MG. O sítio já possui estrutura para a produção de cachaça e uma pequena estrutura para produção de álcool e é administrado em base familiar, ou seja, pequena e mantida pelos próprios proprietários, o que garante uma análise mais realista. De acordo com o Zoneamento Ecológico e Econômico do estado de Minas Gerais (2013), a cidade de Cajuri possui aptidão Edafo-Climática moderada para a produção da cultura de cana-de-açúcar (Figura 2).

O índice de monocultura da cana-de-açúcar na região é muito baixo (Figura 3), evidentemente inferior à média nacional, o que pode ser em decorrência de alguns fatores, tais como a presença de grande parte da área ocupada por agricultura familiar que tende diversificar as culturas em busca de melhor rentabilidade e baixa utilização da cana-de-açúcar na região.

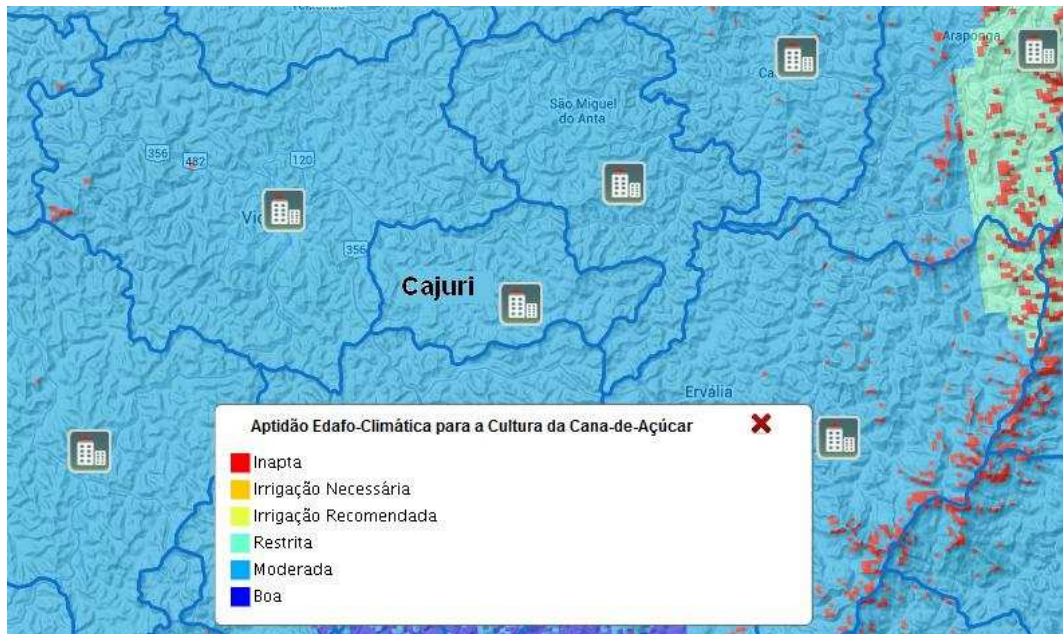


Figura 2 - Mapa do município de Cajuri mostrando a aptidão edafoclimática para a cana-de-açúcar. Fonte: Zoneamento Ecológico e Econômico (2013).

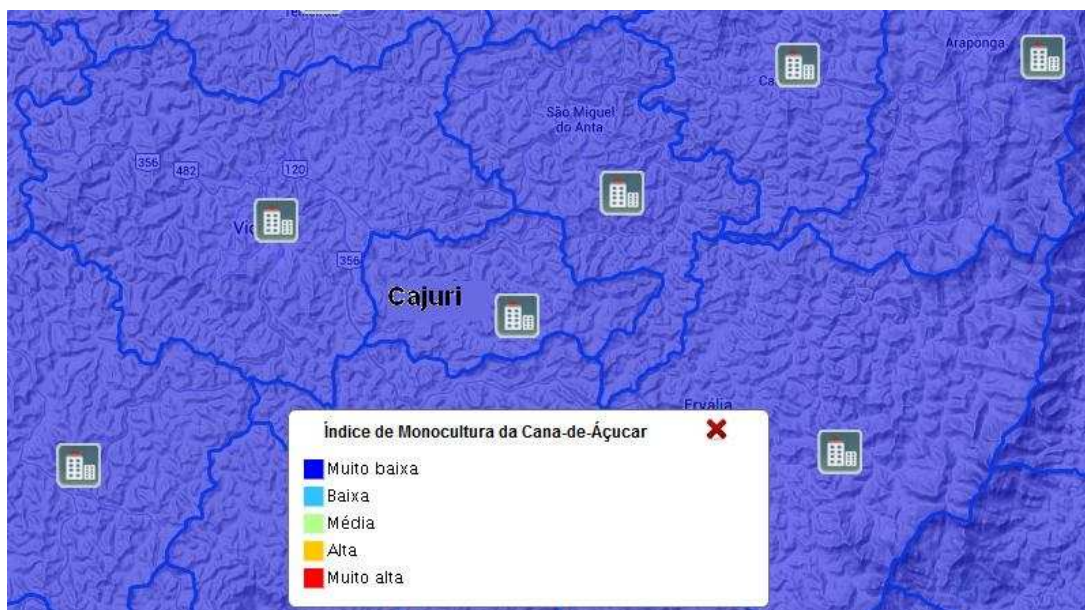


Figura 3 - Mapa do município de Cajuri mostrando o índice de monocultura da cana-de-açúcar. Fonte: Zoneamento Ecológico e Econômico (2013).

Um aspecto interessante observado neste zoneamento foi a estrutura fundiária favorável (Figura 4), o que mostra que a terra está distribuída para varias famílias, o que favorece a implantação de associações de produtores.

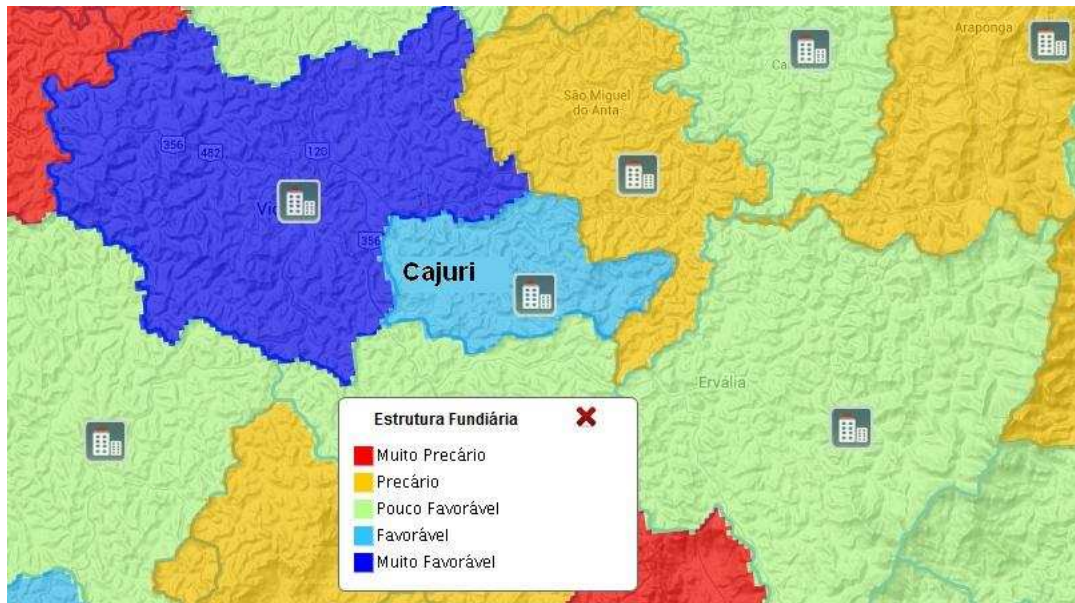


Figura 4 - Mapa do município de Cajuri mostrando situação da estrutura fundiária. Fonte: Zoneamento Ecológico e Econômico (2013).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSEMBLÉIA DE MINAS. Legislação Mineira. Lei nº 15456/2005. **Política de Incentivo às Microdestilarias de Álcool e Beneficiamento de Produtos derivados da Cana de Açúcar**. Belo Horizonte-MG. Disponível da WEB <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=15456&comp=&ano=2005>. Acesso em 7 de novembro de 2012.

BECERRA PEREZ, L. A. **La demanda de etanol en Estados Unidos, 1981-2009**. *Región y sociedad*. 2012, vol.24, n.53, pp. 205-229. ISSN 1870-3925.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Cana de Açúcar, safra 2013/14, primeiro levantamento**. Disponível da WEB [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_04\\_09\\_10\\_29\\_31\\_bol\\_etim\\_cana\\_portugues\\_abril\\_2013\\_1o\\_lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_29_31_bol_etim_cana_portugues_abril_2013_1o_lev.pdf). Acesso em 30 de junho de 2013.

EMATER MG – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado de Minas Gerais. **Tecnologia e produção de cana de açúcar e cachaça de qualidade**. Belo Horizonte, 1ª edição, 75p. 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cana de açúcar**. Disponível da WEB <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fiog1ob502wyiv80z4s473agi63ul.html>. Acesso em 15 de maio de 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Cadernos de Energia. Perspectivas para o etanol no Brasil 2008**. Disponível da WEB [http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos\\_28/Cadernos%20de%20Energia%20%20Perspectiva%20para%20o%20etanol%20no%20Brasil.pdf](http://www.epe.gov.br/Petroleo/Documents/Estudos_28/Cadernos%20de%20Energia%20%20Perspectiva%20para%20o%20etanol%20no%20Brasil.pdf). Acesso em 15 de maio de 2013.

IBRAC – Instituto Brasileiro da Cachaça. **Mercado Interno**. Brasília – DF. Disponível da WEB [http://www.ibrac.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=46&Itemid=47](http://www.ibrac.net/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=47). Acesso em: 4 de dezembro de 2012.

KOHLHEPP, G. **Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil**. *Estudos Avançados*. 2010, vol.24, n.68, pp. 223-253. ISSN 0103-4014.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Cana-de-açúcar, 2005**. Brasília – DF. Disponível da WEB <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>. Acesso em 4 de dezembro de 2012.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Plano Nacional de Agroenergia 2006**. Disponível da WEB [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf). Acesso em 15 de junho de 2013.

MATOS, A.T. **Tratamento e Disposição Final de Águas Residuárias e Resíduos Sólidos**. Viçosa: AEAGRI/DEA/UFV. 123p. (Caderno Didático nº38). 2010.

Portal do Agronegócio. **Transgênicos, 27 de março de 2013**. Disponível da WEB

<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=90658><http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>. Acesso em 10 de julho de 2013

SALLA, D. A., FURLANETO, F. P. B., CABELLO, C., KANTHACK, R. A.D. **Avaliação energética da produção de etanol utilizando como matéria-prima a cana-de-açúcar**. Ciência Rural. 2009, vol.39, n.8, pp. 2516-2520. ISSN 0103-8478.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. **Zoneamento Ecológico e Econômico – ZEE, 2013**. Disponível da WEB <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>. Acesso em 10 de julho de 2013.

SETORIAL NEWS ENERGIA. **Demanda mundial de etanol pode triplicar até 2020**. Publicado em 07/06/2011. Disponível da WEB <http://www.setorialnews.com.br/materia.asp?y=201167173530>. Acesso em 10 de novembro de 2012.

SILVA, J. S. **Produção de álcool na fazenda: equipamentos, sistemas de produção e usos**. Viçosa, MG. Ed. Aprenda Fácil. 2011, vol. 1, 390p. ISSB978-85-62032-23-3

SORATTO, A. N., VARVAKIS, G., HORII, J. **A certificação agregando valor à cachaça do Brasil**. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2007, vol.27, n.4, pp. 681-687. ISSN 1678-457X

SUGAR ONLINE. **O Líder de Açúcar e Etanol Independente**. Disponível da WEB [http://www.sugaronline.com/news/website\\_contents/view/1202508](http://www.sugaronline.com/news/website_contents/view/1202508). Acesso em 12 de novembro de 2012.

## **CAPÍTULO 1**

---

### **COEFICIENTES TÉCNICOS DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL COM AS FRAÇÕES DE CABEÇA E CAUDA DA DESTILAÇÃO DE CACHAÇA**

---

# 1. INTRODUÇÃO

Apesar da carência de registros oficiais, é fato conhecido que a produção de álcool por produtores de cachaça já é uma realidade em nosso meio. Pouco se conhece sobre o arranjo das estruturas, dos custos de produção, rentabilidade e da relação de conversão de cana em cachaça e de seus resíduos (cabeça e cauda) em álcool (coeficientes técnicos).

Da mesma forma, pouco se conhece sobre a quantidade de álcool de fazenda que se deve produzir durante o período de ociosidade da fabricação de cachaça, quer na produção individual, em associações ou em sistemas cooperativos, que torne esta atividade rentável.

Coeficientes técnicos são valores numéricos que expressam uma relação entre matéria prima e produto final, tempo e produção, área e quantidade, etc. Podem ser expressos em unidades diferentes, como por exemplo,  $t\ ha^{-1}$ ,  $L\ t^{-1}$ , entre outras unidades para melhor atender as comparações ou análises.

O Brasil ostenta o título de maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com uma produtividade média estimada em 73.520 kg/ha, sendo o Estado de Minas Gerais segundo maior produtor dentro do país. A produtividade de um canavial pode ser influenciada por muitos fatores, como por exemplo, clima, adubação e idade do canavial, segundo Mendes (2006, citado por NOGUEIRA, 2008, p. 58) o canavial com três anos na zona da mata tem uma produtividade média de  $110\ t\ ha^{-1}$ , quando bem adubado.

De acordo com a publicação, Tecnologia de Produção de Cana-de-açúcar e Cachaça de Minas de Qualidade, elaborada pela EMATER de Minas Gerais (EMATER, 1999), o fracionamento dos destilados devem ser realizados da seguinte forma: a cabeça deve corresponder a 1% do volume total do vinho, o coração a 16% do volume total do vinho e a cauda a 3% do volume total do vinho.

O processo de produção de cachaça na propriedade é realizado dentro dos padrões para a produção de uma cachaça de qualidade. As dornas de madeira, antes existentes para o processo de fermentação para a fabricação de cachaça, não são mais utilizados, devido ao perigo de contaminação do caldo. Esse equipamento está sendo substituídos por dornas de material

inoxidável e, após um dia de trabalho, o local e todos os equipamentos devem ser higienizados.

O processo de produção da cachaça se inicia com o corte da cana com graduação Brix acima de 20°. Para a prática da colheita da cana para cachaça artesanal ou em pequena escala não é utilizado à queima da palha, fator prejudicial à qualidade da bebida. A queima, com o intuito de facilitar a colheita, elimina a microbiota, responsável pela fermentação natural do caldo e acelera a deterioração da cana.

Segundo a Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (2013), será proibida a partir de 2014 a queima da palha da cana-de-açúcar, mesmo de forma controlada, nas proximidades de unidades de conservação, de áreas urbanas, de comunidades rurais e em áreas de expansão de canaviais. O corte da cana sem a queima da palha é mais difícil, com isto a produtividade do trabalhador que corta a cana cai consideravelmente. Segundo Garcia e Silva (2010), para a região de Campos dos Goytacases – RJ, o rendimento do corte da cana de um homem sem a queima previa foi de 3,5 t.dia<sup>-1</sup>, enquanto com a queima este valor subiu para 6 t.dia<sup>-1</sup>.homem<sup>-1</sup>.

## **2. OBJETIVO**

Determinar os coeficientes técnicos de produção de álcool de fazenda a partir dos resíduos, cabeça e cauda, da produção de cachaça.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos no Sítio do Compadre, situado na zona rural da cidade de Cajuri – MG. (A escolha da propriedade foi baseada na infraestrutura já existente (canavial, moenda, sala de fermentação e alambique) e, principalmente por já ser produtora de cachaça de qualidade e álcool combustível.

A propriedade possui uma área planta de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) de sete hectares, plantada com espaçamento entre linhas de um

metro. Na época em que foram obtidos os dados em setembro de 2012 a área apresentava-se suja, com palha e canas tombadas dificultando a colheita.

O corte da cana foi realizado quando a graduação BRIX atingiu o valor de 20°. Para que o caldo de cana fermente e transforme o açúcar (sacarose) em álcool, é necessária a existência de leveduras, para isto deve se preparar o “Pé de Cuba”. Para este trabalho, o “Pé de Cuba” foi preparado adicionando 25 litros de garapa com uma graduação BRIX de 20° e 4,5 litros de água, em uma dorna de inox, para reduzir o BRIX de 17°. Após a adição da garapa na dorna, esquentou-se aproximadamente 15 litros de água a 40°C e na qual foram dissolvidos nesta água 5,0 kg de fermento biológico. O fermento diluído foi adicionado aos 25 litros de garapa com agitação moderada. O cálculo para diluição do caldo foi baseado em Silva (2011).

Quando o BRIX da mistura atingiu 14°, adicionou-se aproximadamente 1,5 kg de fubá, misturando bem ao caldo. O fubá foi adicionado porque o caldo de cana é pobre em proteínas e sais minerais, logo existe a necessidade de adição de nutrientes para que a fermentação ocorra de forma satisfatória.

Assim que o BRIX chegou a 7° adicionou-se mais 25 litros de garapa e mais 1,5 kg de fubá. Quando o BRIX atingiu 7° novamente adicionou-se 50 litros de garapa, ou seja, o dobro do que foi adicionado anteriormente, e assim sucessivamente até completar a dorna.

No sítio do Compadre em Cajuri, o “Pé-de-Cuba” é preparado todos os anos, devido à inexistência de uma câmara frigorífica, para o seu armazenamento, fato comum na maioria das pequenas propriedades rurais brasileiras.

Depois da conclusão da primeira dorna de fermentação, não foi mais necessário à produção do “Pé-de-Cuba”, pois foi utilizado o processo de “corte das dornas”. O corte das dornas foi feito da seguinte maneira, primeiro encheu-se as dornas 1 e 2 com o caldo devidamente diluído para 17° Brix e iniciou a fermentação. Quando o Brix chegou a 7°, foram transferidos metade do material da dorna 2 para a dorna 3 e completou-se o volume destas dornas com o caldo a 17° Brix. Assim que o teor de açúcar da dorna 1 caiu para zero (transformação total do açúcar em álcool), o caldo fermentado foi transferido para o alambique onde foi destilado. Depois de o caldo ser transferido a dorna

1 foi lavada e transferiu-se a metade do caldo da dorna 3 para a 1 e preencheu ambas as dornas com caldo a 17° Brix. Esperou o teor de açúcar da dorna 2 cair para zero e o caldo foi transferido para o alambique onde foi destilado. Lavou-se a dorna 2 e transferiu metade do caldo da dorna 1 para ela e foi completado ambas as dornas com caldo diluído a 17° Brix. Este processo de corte é contínuo e sempre se trabalha com 3 dornas. Resumindo quando parte do material da dorna 2 é transferido para a dorna 3, destila-se o conteúdo da dorna 1; quando parte do material da dorna 3 é transferido para a dorna 1, destila-se o conteúdo da dorna 2. Quando parte do material da dorna 1 é transferido para a dorna 2, destila-se o conteúdo da dorna 3 (Figura 5).

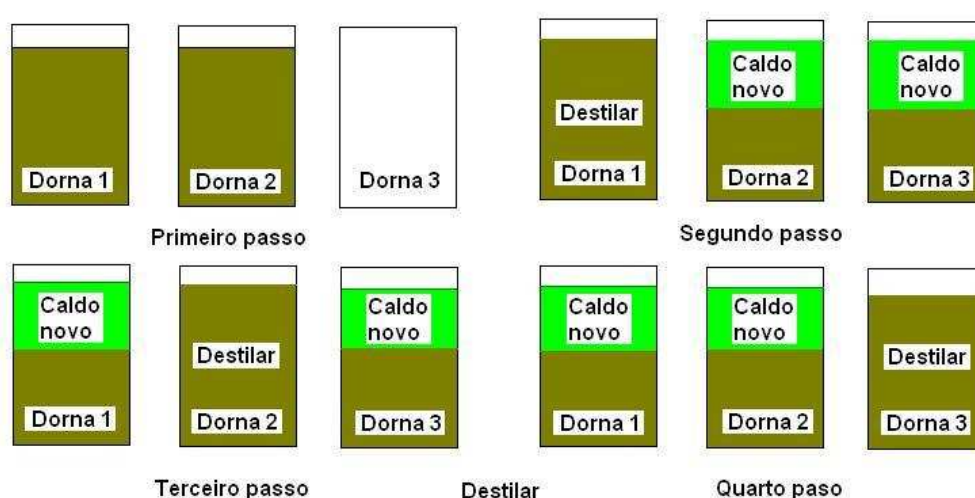


Figura 5 – Fermentação pelo processo de corte das dornas. Fonte: Silva, 2011.

Uma etapa importante na produção da cachaça é a moagem. Ela é feita para extrair o caldo presente na cana-de-açúcar. Nesse processo a separação é feita por pressão mecânica dos rolos da moenda sobre o colmo de cana, separando o bagaço do caldo. Para este trabalho, a cana foi moída em um engenho de três moendas, modelo antigo, acionado por um motor elétrico de 12,5 hp (9,3 kW, aproximadamente).

Segundo Silva et al. (2007), estima-se que, no Brasil, são produzidos de 5 a 12 milhões de toneladas de bagaço por ano, o bagaço correspondendo a cerca de 30% do total da massa da cana, ou seja, cerca 280 kg de bagaço por tonelada de cana.

Depois da moagem a cana foi filtrada. A filtragem é o processo para a retirada de impurezas grosseiras, principalmente *bagacilhos* e terras, que

mesmo com todos os cuidados durante a colheita, transporte e estocagem, ainda são encontrados no caldo após a moagem. É fato que quanto mais limpo for o caldo destinado à fermentação, menores as chances de contaminações indesejáveis e melhor a qualidade da fermentação.

Todo o caldo extraído pela moenda foi filtrado em um decantador em aço inox com capacidade para 200 litros.

Passando pela filtragem o caldo da cana era direcionado direto para as dornas de fermentação, que já continham o “Pé de Cuba”.

O processo de fermentação consiste na transformação dos açúcares em álcool etílico (etanol) e gás carbônico. Durante o processo de fermentação, deve se evitar a oxigenação, para que se obtenha o máximo rendimento em álcool. Nas dornas as leveduras consomem todo o açúcar transformando em álcool.

A Figura 6 mostra, resumidamente, o processo de conversão de açúcar em etanol.

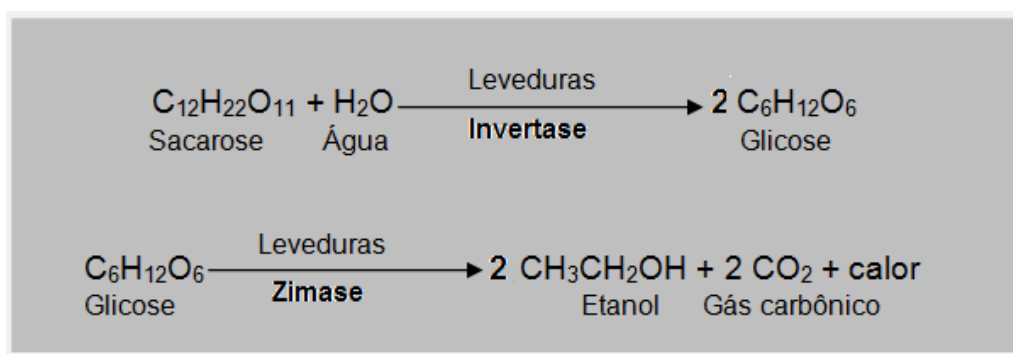


Figura 6 – Representação da fermentação alcoólica da sacarose.  
Fonte: Nogueira (2008).

O controle da temperatura durante este processo é um dos fatores mais importantes na conversão do açúcar em álcool, a falta de controle causa reações indesejáveis, altera o rendimento e a qualidade da cachaça e do álcool combustível. O produtor que deseja ter um produto de qualidade, deve obrigatoriamente ter muito cuidado com o processo de fermentação, pois é uma das etapas mais importantes de todo o processo da produção.

O último processo para a produção da cachaça é a destilação do caldo de cana fermentado. A destilação se deu em um alambique de 1.000 litros, o

processo de destilação nada mais é que a separação de elementos presentes em uma solução, através das diferentes temperaturas de ebulição.

No sítio do Compadre a produção de cachaça é feita com a separação de 15% do destilado de cabeça e 20% de destilado de cauda.

### 3.1. FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO

Na Figura 7 estão apresentadas as etapas de produção desde o corte da cana até o produto final (álcool combustível).

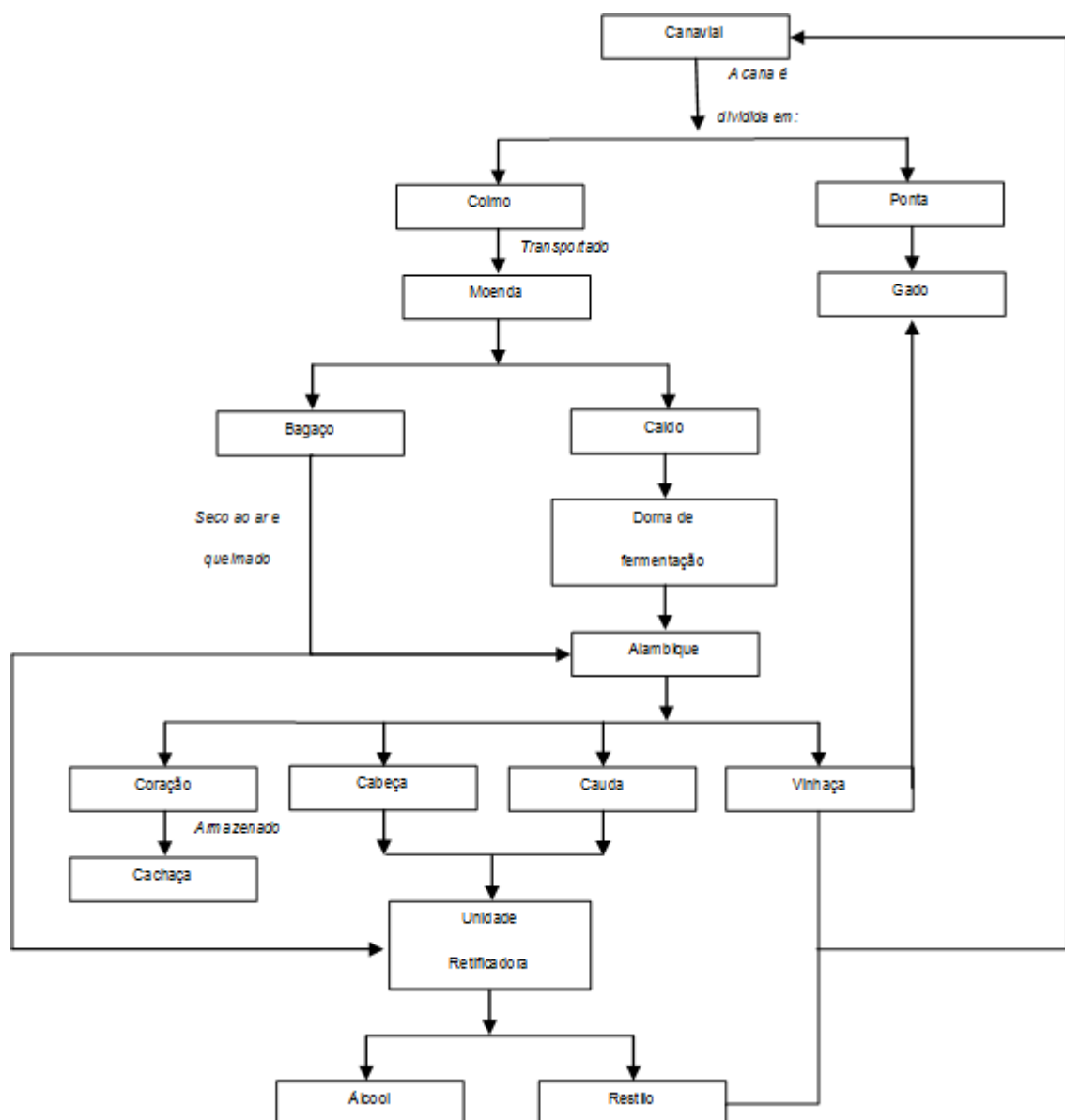


Figura 7 - Fluxograma de produção de álcool.

### 3.2. PRODUTIVIDADE DO CANAVIAL

A produtividade do canavial foi analisada in loco, retirando-se amostras de uma área de 25 metros quadrados (5 x 5 m), escolheu-se esta área afim de se obter várias repetições em locais diferentes e obter a melhor representatividade do canavial, deve-se ressaltar que não houve influência de bordadura. A Figura 8 ilustra a amostragem realizada.

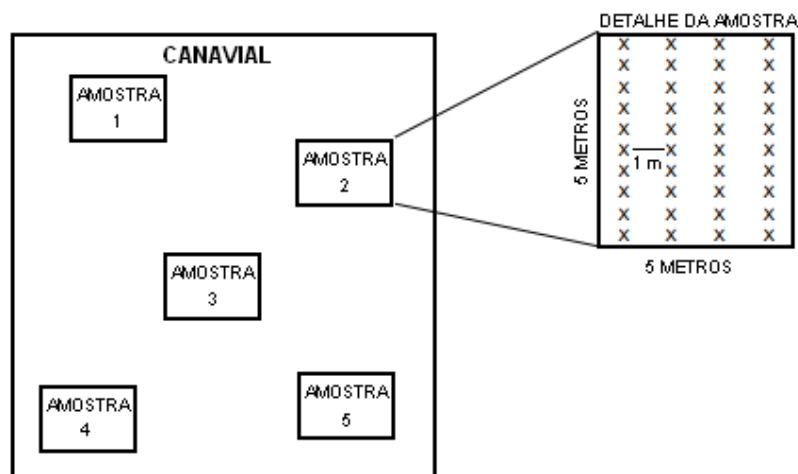


Figura 8 - Esquema de amostragem para avaliação da produção e produtividade da propriedade utilizada como unidade experimental.

Foram realizadas cinco amostragens ao acaso. A produtividade do canavial foi determinada pela Equação 1.

$$P = \frac{10 \cdot M_{\text{cana}}}{A} \quad (1)$$

em que:

- P** = Produtividade do canavial, ( $t \cdot ha^{-1}$ );
- A** = Área demarcada, ( $m^2$ );
- M<sub>cana</sub>** = Massa total de cana, (kg).

Durante o corte a cana-de-açúcar foi dividida em colmo e ponta, o colmo oriundo do corte da área demarcada foi transportado e depositado ao lado da moenda instalada em um abrigo (Figura 9). Em seguida os colmos foram pesados e moídos.



Figura 9 - Abrigo da moenda com cana recém-colhida.

### 3.3. VOLUME DE CALDO

Antes de serem moídas separaram-se em colmo e ponta. Ambos foram pesados, sendo os colmos utilizados para extração do caldo e a ponta para alimentação do gado. A relação tonelada de cana por litros de caldo foi determinada pela Equação 2.

$$V_{\text{caldo}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{med.}}}{M_{\text{cana}}} \quad (2)$$

em que:

$V_{\text{caldo}}$  = Volume de caldo produzido por tonelada de cana, ( $L \cdot t^{-1}$ );

$V_{\text{med}}$  = Volume medido, (L);

$M_{\text{cana}}$  = Massa total de cana, (kg).

### 3.4. DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE CORTE DE UM HOMEM

O tempo para o corte da área demarcada foi contabilizado e a massa de cana cortada foi determinada utilizando um balança de plataforma com capacidade para 150 kg. A Equação 3 foi utilizada para determinar a quantidade de cana cortada por um homem em um dia de trabalho de 8 horas.

$$P_{\text{corte}} = \frac{0,48 \cdot M_{\text{cana}}}{t} \quad (3)$$

em que:

$P_{\text{corte}}$  = Produtividade diária de um homem no corte de cana, ( $t \cdot \text{dia}^{-1}$ );

$$M_{\text{cana}} = \text{Massa total de cana, (kg);}$$

$$t = \text{Tempo de duração do corte, (minuto).}$$

Dois cortadores de cana da região foram selecionados para esta tarefa, sendo que um deles é um dos proprietários do sítio e o corte de cana é uma das atividades por ele exercida na propriedade. Foram realizadas seis repetições no mesmo canavial em pontos diferentes selecionados ao acaso. Os homens foram instruídos a cortar a cana da forma que é realizada no dia a dia, não sendo aceito um desvio padrão maior que 10%.

### 3.5. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE BAGAÇO PRODUZIDA

O bagaço foi pesado e colocado ao sol para secagem. Posteriormente foi utilizado como combustível na fornalha do alambique para a produção de cachaça. A quantidade de bagaço produzido por tonelada de cana foi calculada pela Equação 4.

$$M_{\text{bagaço}} = \frac{1000 \cdot M_{\text{mb}}}{M_{\text{cana}}} \quad (4)$$

em que:

$$M_{\text{bagaço}} = \text{Massa de bagaço em uma tonelada de cana, (kg} \cdot \text{t}^{-1}\text{);}$$

$$M_{\text{mb}} = \text{Massa de bagaço obtida por meio de pesagem, (kg);}$$

$$M_{\text{cana}} = \text{Massa total de cana, (kg).}$$

Durante a queima do bagaço, também foram queimadas algumas toras de lenha, mas a quantidade não foi significativa para ser mensurada na pesquisa.

### 3.6. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE PONTA DE CANA PRODUZIDA

A cana cortada foi dividida em colmo e ponta. A massa da ponta de cana foi determinada utilizando a Equação 5.

$$M_{\text{ponta}} = \frac{1000 \cdot M_{\text{mp}}}{M_{\text{cana}}} \quad (5)$$

em que:

$M_{\text{ponta}}$  = Massa de ponta em uma tonelada de cana, ( $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$ );

$M_{\text{mp}}$  = Massa de ponta obtida por meio de pesagem, (kg);

$M_{\text{cana}}$  = Massa total de cana, (kg).

As pontas, depois de passarem pelo triturador foram servidas ao gado como alimento sem nenhuma complementação.

### **3.7. DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES DE CABEÇA, CORAÇÃO E CAUDA NA DESTILAÇÃO DA CACHAÇA**

O caldo, previamente medido e fermentado, foi pré-destilado num alambique com capelo de cobre e panela de inox com capacidade para 1.000 litros, de onde se separou as frações cabeça, coração e cauda, para a determinação da quantidade produzida de cada fração.

Os primeiros 15% do volume de álcool presente no caldo fermentado foram retirados para a cabeça, para o coração foram separados 65% da fração de álcool presente e para a cauda foram retirados os 20% finais. A base de cálculo foi realizada com uma porcentagem de 8% de álcool no volume total de caldo fermentado. Lembrando que este valor pode variar entre 8 a 12%. O normal, em pequenas propriedades é conseguir valores próximos a 8% de volume de álcool, devido à qualidade do “Pé-de-Cuba” e a precariedade no controle da fermentação.

Para a determinação das frações foi baseada em cinco alambicadas em diferentes dias do mês de setembro de 2013.

### **3.8. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁLCOOL PRODUZIDO A PARTIR DA CABEÇA E CAUDA DA DESTILAÇÃO DA AGUARDENTE.**

A destilação do álcool a partir dos resíduos da destilação da cachaça foi realizada em uma coluna de retificação do tipo recheio, com 150 mm de diâmetro e 3 metros de altura, ligada a uma panela em aço inoxidável com capacidade 1.200 litros do tipo bateladas. Foram adicionados 1.200 litros de

pré-destilado na panela e o processo era terminado assim que o álcool parava de sair no condensador.

Após a destilação, o restilo ou água residuária era descarregado sobre a terra, e nova batelada era adicionado para nova destilação.

Sempre que a panela era carregada, uma amostra era retirada para a verificação do teor alcoólico (em °GL) da mistura (cabeça + cauda).

Depois do processo de destilação, foi novamente medido a concentração da mistura restante na panela (restilo) e do volume de destilado obtido.

### 3.9. ANÁLISES DA QUALIDADE DO ALCÓOL

O álcool produzido foi analisado conforme recomendação da portaria nº 2 de 16 de janeiro de 2002 da Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Combustível (2005), que define as especificações para comercialização do álcool etílico hidratado combustível (AEHC). A análise da qualidade do álcool produzido realizou-se no Laboratório de Ensaio de Combustíveis da Universidade Federal de Minas Gerais.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. PRODUTIVIDADE DO CANAVIAL

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da produtividade do canavial, para cinco amostragens.

Tabela 1. Produtividade do canavial

Amostra	Área (m <sup>2</sup> )	Massa de cana (kg)	Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> )
1	5 x 5	260,00	104,00
2	5 x 5	261,60	104,60
3	5 x 5	286,40	114,60
4	5 x 5	274,00	110,40
5	5 x 5	264,80	106,00
<b>Média</b>		<b>269,40</b>	<b>107,90</b>

A produtividade média do canavial foi de  $107,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . A produtividade diferiu da média nacional que foi de aproximadamente  $73,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para a safra de 2013/14, de acordo o primeiro levantamento realizado pela CONAB (2013). A diferença de produtividade, em relação à média nacional, pode ser explicada pela forma de preparo do solo, a idade do canavial estudado (três anos), o espaçamento utilizado (adensado) e o corte na época adequada de maturação da cana.

A produtividade foi muito próxima à citada por Mendes (2006, citado por NOGUEIRA, 2008, p. 58), de  $110 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para a zona da mata mineira.

Na Figura 10 encontra-se a produtividade obtida em cinco amostras, com a média e o desvio padrão.

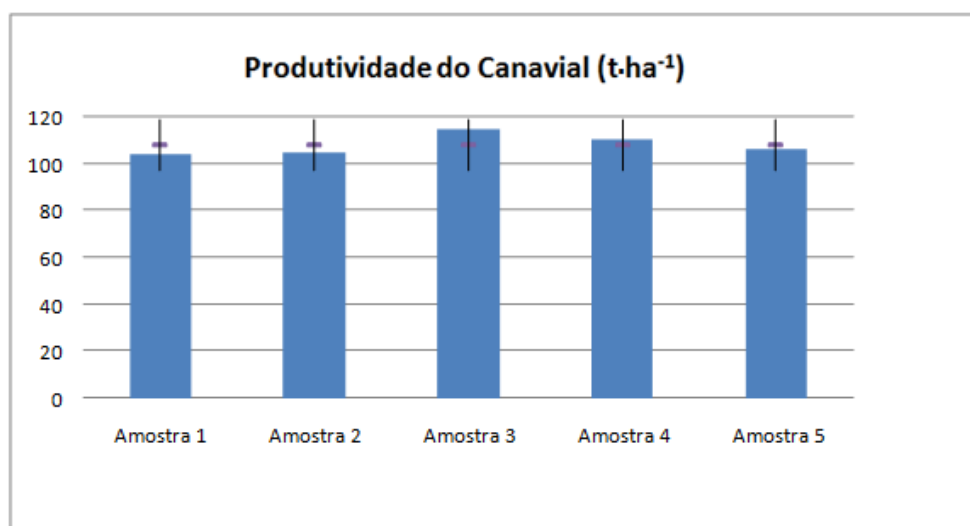


Figura 10 - Produtividade do canavial por amostragem.

Observa-se, na Figura 11, que os valores de produtividade da cana de açúcar de todas as amostras se encontram dentro da faixa de desvio padrão pré-estabelecido, sendo, portanto aceitas estatisticamente.

#### 4.2. VOLUME DE CALDO

A Tabela 2 contém os dados dos volumes de caldo obtido em cada amostragem.

A produtividade média de caldo de cana foi de  $596,6 \text{ L}\cdot\text{t}^{-1}$ , aproximadamente,  $600 \text{ L}\cdot\text{t}^{-1}$ . Trento Filho (2008) encontrou valores próximos a

540 L.t<sup>-1</sup>. Já um estudo técnico realizado pelo SEBRAE (2004), levantou valores de 500 litros de caldo por tonelada de cana-de-açúcar.

Na Figura 11 encontra-se a produtividade para cada amostragem, a média e o desvio em relação à média.

Tabela 2. Volume de caldo produzido

Amostra	Massa de cana (kg)	Volume de caldo (L)	Produtividade de caldo (L.t <sup>-1</sup> )
1	260,00	152,00	584,60
2	261,60	152,00	581,00
3	286,40	176,00	614,50
4	274,00	168,00	613,10
5	264,80	156,00	589,10
<b>Média</b>	<b>269,40</b>	<b>160,80</b>	<b>596,60</b>

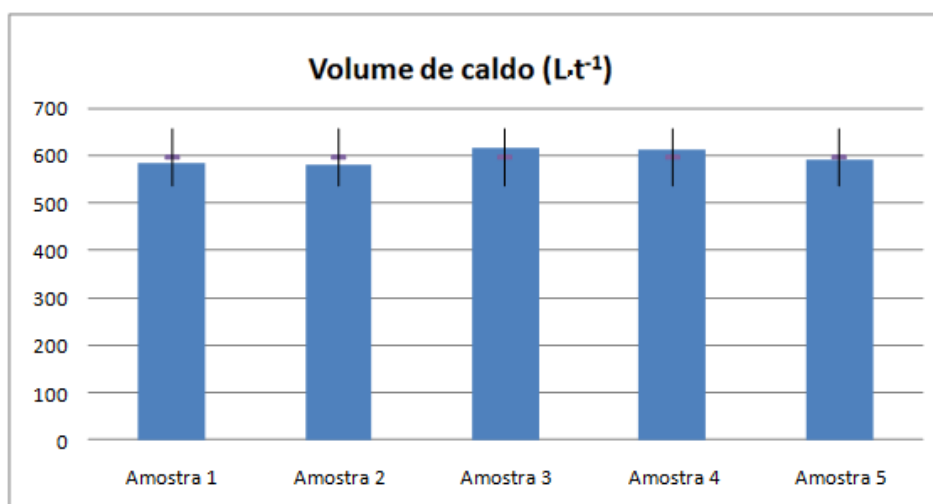


Figura 11 – Volume de caldo para cinco amostras de cana.

#### 4.3. DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE CORTE CANA POR UM HOMEM

A produtividade de corte de cana-de-açúcar de um homem em um dia de trabalho pode ser visualizada na Tabela 3.

Tabela 3. Produtividade de corte de cana de um homem

Amostra	Área (m <sup>2</sup> )	Massa de cana (kg)	Tempo de corte (minuto)	Produtividade de corte (t.dia <sup>-1</sup> )
1	5 x 5	260,00	64,00	1,95
2	5 x 5	261,60	68,00	1,85
3	5 x 5	286,40	76,00	1,81
4	5 x 5	274,00	74,00	1,78
5	5 x 5	264,80	64,00	1,99
<b>Média</b>		<b>269,40</b>	<b>69,20</b>	<b>1,88</b>

Para o corte da cana foram selecionados dois cortadores de cana da região. Cada um cortou três áreas de 25 metros quadrados, para a análise dos resultados foi levado em consideração o tempo de descanso e o tempo de carregamento da carroça para transporte da cana até a moenda.

A produtividade média de corte de cana-de-açúcar por um homem, obtido na pesquisa foi de 1,88 t.dia<sup>-1</sup>, com uma jornada de trabalho de 8 horas por dia, ou seja, os cortadores de cana que participaram da pesquisa cortam em média 0,24 t.h<sup>-1</sup>. Garcia e Silva (2010) realizaram um estudo no estado do Rio de Janeiro e obtiveram o valor de 3,5 t.dia<sup>-1</sup>, ou seja, 0,44 t.h<sup>-1</sup>.

Vale ressaltar que no presente estudo, o canavial estava muito adensado, com muita cana tombada e muito mato e não foi colocado fogo antes do corte, o que dificulta ainda mais o corte e diminui a quantidade de cana cortada. A Figura 12 ilustra os dados obtidos.

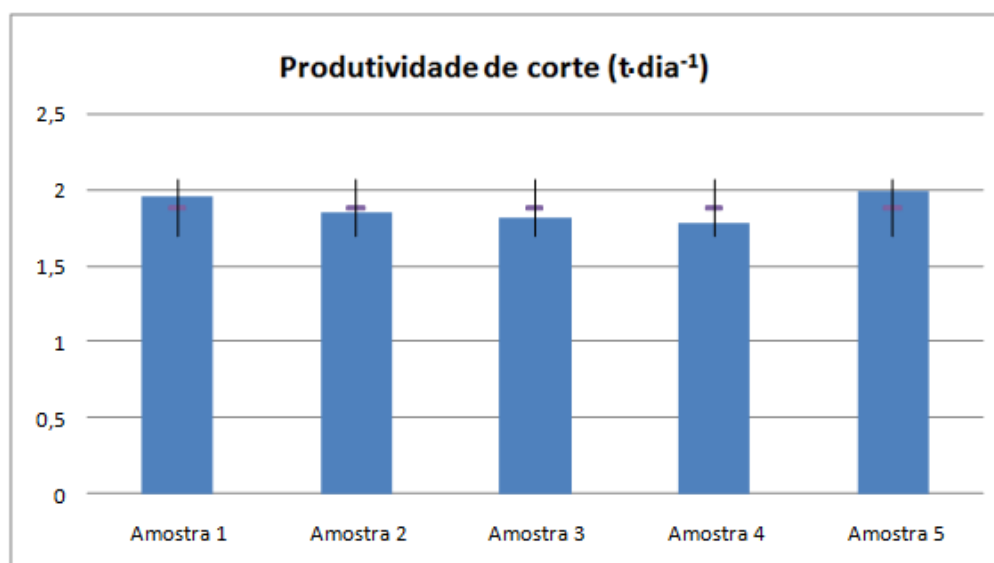


Figura 12 - Produtividade de corte de cana de um homem por amostragem.

No Estado de São Paulo um cortador de cana profissional corta, em média, 9 toneladas de cana por dia em um canavial queimado. Segundo Rocha et al. (2010), estes cortadores são tão exigidos que trabalham, em média, durante somente 6 anos nesta profissão.

Novaes (2007) relata que em uma determinada usina os cortadores para serem selecionados teriam que cortar no mínimo dez toneladas de cana por dia. Caso contrário, eles seriam demitidos.

#### 4.4. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE BAGAÇO PRODUZIDA

A Tabela 4 contém a quantidade de bagaço produzido depois da extração do caldo.

A média de produção de bagaço de cana por tonelada foi de 497,4 kg (Figura 13).

Segundo Silva et al. (2007) a produção de bagaço é de 280 kg por tonelada de cana, este valor é bem inferior ao encontrado nesta pesquisa. Esse resultado pode ser explicado pela qualidade do engenho utilizado.

Tabela 4. Determinação da produção do bagaço

Amostra	Massa de Cana (kg)	Massa de Bagaço (kg)	Produtividade de bagaço (kg.t <sup>-1</sup> )
1	260,00	130,00	500,00
2	261,60	128,00	489,30
3	286,40	144,00	502,80
4	274,00	136,00	496,40
5	264,80	132,00	498,50
<b>Média</b>	<b>269,40</b>	<b>134,00</b>	<b>497,40</b>

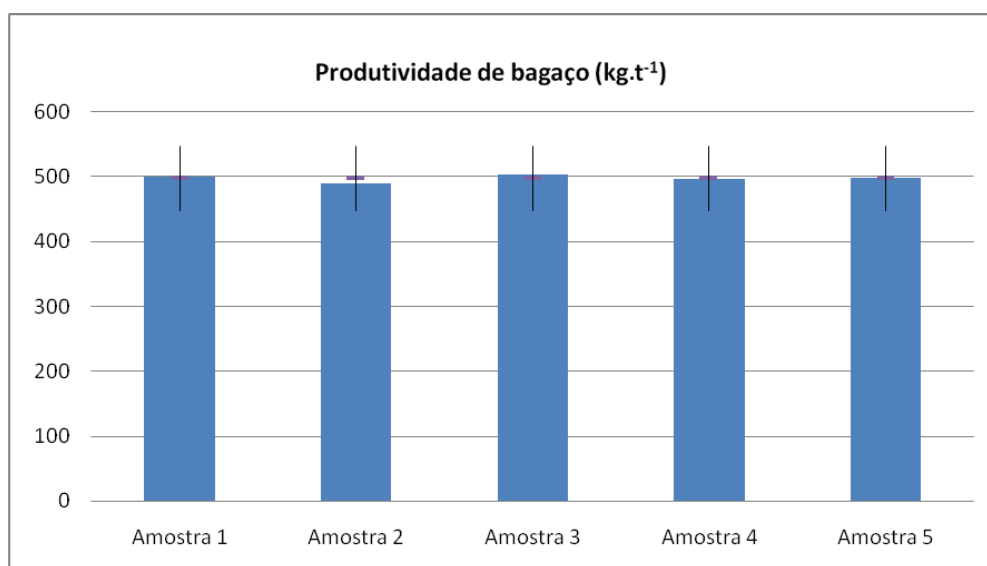


Figura 13 – Produtividade de bagaço de cana por amostra.

#### 4.5. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE PONTA DE CANA PRODUZIDA

O corte da cana em um canavial sujo, onde não foi realizada a queima, é muito dificultado, mas tem suas vantagens, entre elas uma cachaça de melhor qualidade e o aproveitamento da ponta da cana para alimentação de bovinos. A produtividade da ponta pode ser vista na Tabela 5.

Tabela 5. Produção da ponta de cana por tonelada de cana colhida

Amostra	Massa de cana (kg)	Massa da ponta (kg)	Produtividade (kg.t <sup>-1</sup> )
1	260,00	42,00	161,50
2	261,60	43,90	167,80
3	286,40	52,00	181,60
4	274,00	52,00	189,80
5	264,80	44,00	166,20
<b>Média</b>	269,40	46,80	173,40

A produtividade da ponta para uma tonelada de cana-de-açúcar foi de 173,4 kg.t<sup>-1</sup>. A Figura 14 ilustra os dados obtidos das 5 repetições. O valor encontrado está próximo do citado no BNDES (2008), que é de 140 kg.t<sup>-1</sup>, e ao estimado por Nogueira (2008), onde relata que para cada 100 toneladas de cana preparada para ir ao engenho, são produzidas 20 toneladas de ponteira.

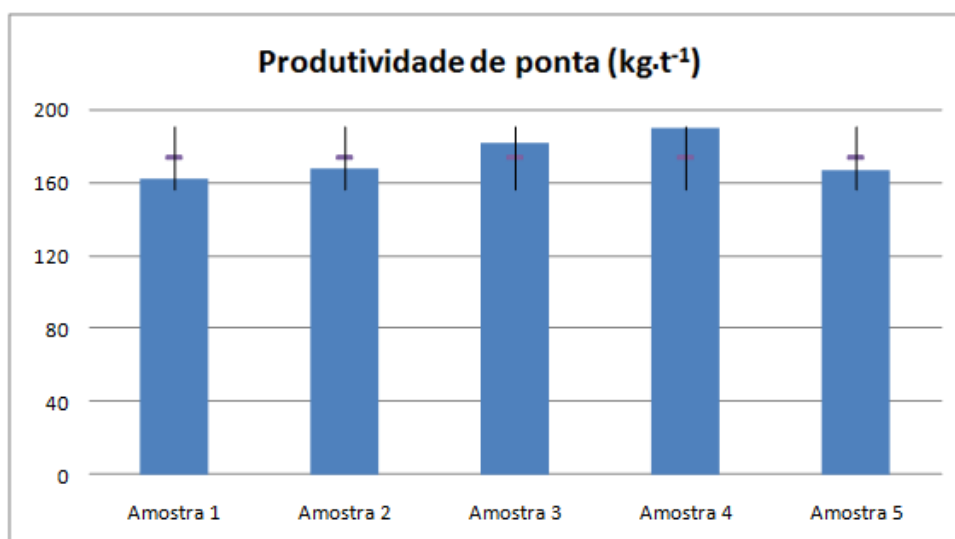


Figura 14 – Produtividade da ponta da cana.

O aproveitamento da ponta da cana para alimentação de bovinos é extremamente oportuno por vários motivos, entre eles, o fato de a produção da cachaça coincidir com a época de escassez de forragens. Magalhães et al. (1999) mostraram em seus estudos os benefícios da utilização da ponta de cana para a alimentação de bovinos.

#### 4.6. DETERMINAÇÃO DAS FRAÇÕES DE CABEÇA, CORAÇÃO E CAUDA NA DESTILAÇÃO DA CACHAÇA

A separação das frações de cabeça e cauda do coração é um fator determinante para a produção de cachaça de qualidade. Na Tabela 6 são apresentados os dados referentes à separação destas frações.

Tabela 6. Frações de cabeça, cauda e coração na destilação da cachaça

Amostra	Volume de caldo (L)	Volume de cabeça a 60°GL (L)	Volume de coração a 45°GL (L)	Volume de cauda a 25°GL (L)
1	1.000	20,00	115,50	64,00
2	1.000	19,50	115,00	65,00
3	1.000	19,00	115,00	65,50
4	1.000	21,00	116,00	63,00
5	1.000	20,50	115,50	63,00
<b>Média</b>		<b>20,00</b>	<b>115,40</b>	<b>64,10</b>

A partir destes dados foi possível definir uma equação para estimar cada fração retirada durante o processo de destilação.

A Equação (6) estima o volume de cada fração retirada a partir da porcentagem pré-determinada pelo agricultor de acordo com o gerenciamento de sua produção.

$$V_{\text{fração}} = \frac{V_{\text{alamb}} \cdot t \cdot f}{GL_{\text{fração}}} \quad (6)$$

em que:

- $V_{\text{fração}}$  = Volume da fração cabeça, coração ou cauda, (L);
- $t$  = Porcentagem do teor alcoólico no caldo de cana (8-12%) em fração;
- $f$  = Porcentagem da fração de cada destilado, em fração;
- $V_{\text{alamb}}$  = Volume de caldo no alambique, (L);
- $GL_{\text{fração}}$  = Graduação final do destilado (°GL) em fração.

O parâmetro  $f$  na Equação 6 refere-se à porcentagem de separação de cada destilado. Neste trabalho (*medições realizadas na propriedade denominada Sítio do Compadre*) foram obtidos os valores de 15% para a cabeça, 65% para o coração e 20% para a cauda. O parâmetro  $GL_{\text{fração}}$  refere-se à graduação do destilado.

Os dados referentes aos fatores de conversão de resíduos de cachaça em etanol, não são facilmente encontrados na literatura.

Caso o produtor tivesse seguido as recomendações da EMATER (1999) ele obteria algo próximo a 10 litros de cabeça, 160 litros de coração e 30 litros de cauda.

Pode-se observar que a quantidade de cabeça e cauda separadas pelo dono da propriedade onde foi realizado o estudo (*Sítio do Compadre*) foi maior que aquelas recomendadas pela EMATER (1999). Além de obter um produto com maior pureza, será uma tendência a ocorrer em pequenas propriedades onde produzirão cachaça e álcool.

A opção por produzir mais álcool na fazenda pode ser explicada pela maior facilidade de venda e uso do álcool em relação à cachaça. Portanto, o produtor de aguardente, dependendo da comercialização pode optar por

separar mais das frações cabeça e cauda, o que eleva, ainda mais, a qualidade da cachaça que poderá ter um maior valor de venda em um mercado seletivo.

Nestas condições uma tonelada de cana produz em média 600 litros de caldo, perfazendo-se um total de 69 litros de cachaça de coração.

#### **4.7. DETERMINAÇÃO DA POTENCIALIDADE DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL A PARTIR DAS FRAÇÕES CABEÇA E CAUDA DA CACHAÇA**

A produção média de cabeça e cauda por batelada na propriedade foi e 20 litros de cabeça com graduação de 60°GL e 64,1 litros de cauda com graduação de 25°GL.

Para este trabalho foi admitido a realização de duas bateladas diárias para a produção de cachaça. Portanto seriam produzidos, em média, 40 litros de cabeça e 128,2 litros de cauda, totalizando 168,2 litros da mistura, diariamente. Como a panela da coluna de retificação tem uma capacidade para 1.200 litros de pré-destilados, serão necessários, aproximadamente, sete dias de produção de cachaça.

Trabalhando-se com a capacidade máxima da panela, com a mistura de cabeça e cauda, é extraída uma amostra para a verificação do teor alcoólico da mistura, cujo valor foi de 33°GL.

Depois da destilação, uma amostra do etanol produzido foi enviada para ser analisada e foi verificado que a coluna não estava produzindo um álcool com teor alcoólico aceitável, cujo valor encontrado foi de 82,3°GL. Devido à dificuldade de controlar a temperatura na coluna de retificação existente na propriedade, a produção de álcool foi transferida para a coluna de retificação do Laboratório de Energia do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa.

A coluna de retificação do DEA é aquecida por meio de uma caldeira a vapor, onde a temperatura foi facilmente controlada. Para verificar a temperatura foi utilizado o aparelho Fluke.

Na Tabela 7 estão apresentados os dados da produção de álcool combustível a partir da mistura da cabeça e cauda.

Tabela 7. Volume de álcool combustível produzido a partir da mistura cabeça e cauda

Amostra	Volume de Pré-destilado (L)	Gradação da mistura (°GL)	Volume de álcool Combustível (L)	Gradação do álcool combustível (°GL)
1	350	25	94	89
2	330	30	106	88
3	400	69	295	89
4	280	62	183	90
5	300	35	113	88

Nota-se que a coluna foi capaz de produzir álcool com o teor adequado para utilização como álcool combustível que é, segundo definição, uma mistura hidro-alcoólica acima de 85°GL (NOGUEIRA, 2008). A partir de 85°GL os motores de combustão interna a álcool já funcionam satisfatoriamente.

A Agência Nacional do Petróleo (ANP), entretanto, exige que o álcool combustível tenha uma graduação entre 92,6 e 93,8°GL (ANP 2002). Como o álcool produzido pela coluna não ficou dentro dos padrões da ANP, é necessário que sofra uma redistilação que pode ser feita na própria fazenda ou na associação ou cooperativa, caso deva ser comercializados em postos de combustível oficiais.

A partir dos valores obtidos é possível definir uma equação para estimar o volume final de álcool produzido.

$$V_{\text{álcool}} = 0,95 \left( \frac{V_{\text{Panela}} \cdot GL_{\text{inicial}}}{GL_{\text{final}}} \right) \quad (7)$$

em que:

$V_{\text{álcool}}$  = Volume de álcool produzido, (L);

$V_{\text{Panela}}$  = Volume de pré-destilado adicionado na panela, (L);

$GL_{\text{inicial}}$  = Graduação inicial do pré-destilado adicionado à panela, (°GL);

$GL_{\text{final}}$  = Graduação final do etanol, (°GL).

O coeficiente de 0,95 corresponde a um fator de correção definido para o sistema avaliado, uma vez que foi observado que, pelo manejo adotado, não foi possível retirar todo o álcool presente na mistura da cabeça e cauda.

A partir dos resultados estimados utilizando a Equação (7) concluiu-se que a propriedade estudada (*denominada Sítio do Compadre*) tem potencial

pra a produção de 12.000 litros de etanol, aproximadamente, durante uma safra de 200 dias, uma vez que ele poderia produzir 33.640 litros da mistura cabeça e cauda a uma graduação de 33°GL.

A produção estimada equivale a, aproximadamente, 33 litros de etanol por dia, durante todo o ano. Se o produtor possuir um carro a álcool e este tivesse uma média de consumo de 8 km.L<sup>-1</sup>, ele poderia percorrer, anualmente, 96.360 km. Se esse álcool fosse adquirido (3/9/2013) nos postos de Viçosa-MG, custaria ao proprietário, aproximadamente, R\$ 27.480,00, para fazer o mesmo percurso.

Caso existisse uma lei de comercialização do álcool produzido na fazenda o proprietário do Sítio do Compadre poderia ter sua renda aumentada consideravelmente.

É importante ressaltar que a renda seria originada a partir de resíduos que antes deveriam ser descartados, pois eles são tóxicos a saúde das pessoas e não podem conter em uma cachaça de qualidade. Estes resíduos que, normalmente, são redestilados e misturados à cachaça causando mal à saúde ou quando lançados inadequadamente nos corpos hídricos causando poluição ambiental, se mostram como importantes produtos para produção de etanol incrementado a renda do produtor.

#### **4.8. ANÁLISE DA QUALIDADE DO ÁLCOOL**

A análise do álcool foi realizada seguindo as normas da ANP para álcool combustível (ANP, 2002). Os resultados obtidos para o álcool obtidos neste estudo estão apresentados na Tabela 8.

Pelos resultados das amostras, vê-se que, segundo as normas da ANP, o álcool produzido não esta dentro dos padrões de comercialização unicamente devido ao teor alcoólico. Entretanto, todas as outras características estão dentro dos limites estabelecidos já que a massa específica é função do teor alcoólico. Porém, segundo um estudo realizado por Crispim e Vieira (2001), este produto pode ser usado como álcool combustível que consideram álcool combustível como, uma mistura hidroalcoólica com, no mínimo, 83,5% de álcool.

Tabela 8. Resultado da análise do álcool combustível de acordo com as normas da ANP (ANP, 2002)

Parâmetro	Método	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Limites
Aspecto	Visual	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas	Límpido e isento de impurezas
Cor	Visual	Incolor	Incolor	Incolor	Incolor
Massa específica a 20°C, (kg·m <sup>-3</sup> )	ASTM D4052	820,7	818,8	821,0	807,6 a 811,0
Teor alcoólico, (°INPM)	NBR 5992	88,9	89,6	88,8	92,6 a 93,8
pH	NBR 10891	6,0	6,1	6,1	6,0 a 8,0
Teor de hidrocarbonetos, (% volume)	NBR 13993	0	0	0	máx. 3
Condutividade Elétrica, (μS·m <sup>-1</sup> )	NBR 10547	153,2	129,1	112,3	máx. 350

Testes realizados em dois motores no Laboratório de Energia do Departamento de Engenharia Agrícola, também demonstraram que o motor tem um funcionamento muito satisfatório com o álcool a um teor acima de 85°GL. Isso indica que, se o álcool, como o produzido não for comercializado, pode, perfeitamente ser usado como combustível nos veículos do Sítio.

Depois das análises dos testes realizados, verificou-se que a coluna de retificação onde foi realizada a pesquisa, não tem capacidade de produzir um álcool com teor alcoólico acima de 92,6°GL durante todo o processo de destilação. Foi observado que durante certo período a coluna produzia um álcool com teor alcoólico acima do recomendado pela ANP, mas na maior parte do tempo, este valor estava abaixo, mesmo mantendo-se a temperatura nas faixas adequadas.

#### 4.9. COEFICIENTES TÉCNICOS

A Tabela 9 apresenta os coeficientes técnicos de produção de cachaça e de álcool a partir das frações cabeça e cauda, levantados em campo, para oito horas de trabalho por dia durante 200 dias de trabalho por ano.

Tabela 9. Coeficientes técnicos de produção

Parâmetro	Unidade	Diária	Mensal	Safra
Jornada de trabalho	h	8	200	1.600
Produtividade do canavial	t·ha <sup>-1</sup>	-	-	108
Volume de caldo	L·t <sup>-1</sup>	-	-	597
Produtividade de corte de cana de um homem, na região estudada	t	1,88	47	376
Produtividade de bagaço de cana	kg·t <sup>-1</sup>	-	-	497,4
Produtividade de ponta de cana	kg·t <sup>-1</sup>	-	-	168,8
Quantidade de alambicadas	-	2	50	400
Demanda de caldo de cana	L	2.000	50.000	400.000
Demanda de cana	t	3,35	83,75	670
Demanda de área plantada com cana	ha	0,03	0,75	6
Moagem	h	4,80	120	960

## 5. CONCLUSÕES

Os coeficientes técnicos mostram que uma tonelada de cana, gera aproximadamente 600 litros de caldo de cana, 500 kg de bagaço e 173 kg de ponta, 69 litros de cachaça de coração e 17 litros de álcool a 93°GL.

O potencial de produção de álcool a partir do resíduo da cabeça e cauda da produção da cachaça é muito interessante para o produtor de cachaça.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo. **Portaria nº 2 de 16/01/2002**. Disponível da WEB [http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/folder\\_portarias\\_anp/portarias\\_anp\\_tec/2002/agosto/panp%20126%20%202002.xml?fn=documentframeset.htm\\$f=templates\\$3.0](http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/folder_portarias_anp/portarias_anp_tec/2002/agosto/panp%20126%20%202002.xml?fn=documentframeset.htm$f=templates$3.0). Acesso em 05 de julho de 2013.

BNDES; CGEE. **Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável**. Coordenação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 1ª Edição, 2008. Disponível da WEB <http://www.bioetanoldecana.org/pt/download/bioetanol.pdf>. Acesso em 30 junho de 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira. Cana de Açúcar, safra 2013/14, primeiro levantamento.** Disponível da WEB:

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_04\\_09\\_10\\_29\\_31\\_bol\\_etim\\_cana\\_portugues\\_abril\\_2013\\_1o\\_lev.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_04_09_10_29_31_bol_etim_cana_portugues_abril_2013_1o_lev.pdf). Acesso em 30 de junho de 2013.

CRISPIM, J. E.; VIEIRA, E S. A. **Cana-de-açúcar: boa alternativa agrícola e energética para a agricultura nacional.** Revista Agropecuária Catarinense 2 (2001);

EMATER MG – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado de Minas Gerais. **Tecnologia e produção de cana de açúcar e cachaça de qualidade.** Belo Horizonte, 1ª edição, 75p. 1999.

GARCIA, R. F.; SILVA, L. F. **Avaliação do Corte Manual e Mecanizado de Cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes, RJ.** Engenharia na agricultura, Reveng 234-240 p. Viçosa - MG, vol.18, n.3, maio/junho 2010.

MAGALHÃES, L. R. G.; VASQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C. **Bagaço hidrolisado e ponta de cana-de-açúcar (Sacharum officinarum), associados a duas fontes protéicas, na engorda de bovinos em confinamento.** Revista Brasileira de Zootecnia. [online]. 1999, vol.28, n.4, pp. 822-830. ISSN 1806-9290.

NOGUEIRA, R. M. **Análise da Produção Sustentável de Álcool Combustível, Aguardente e Leite, a partir da Cana-de-Açúcar.** Viçosa. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 2008.

NOVAES, J. R. P. **Champions of productivity: pains and fevers in São Paulo's sugarcane plantations.** Estud. av. [online]. 2007, vol.21, n.59, pp. 167-177. ISSN 0103-4014.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Estudo Técnico das Alternativas de Aproveitamento da cana-de-açúcar.** Belo Horizonte, 2004. 54p.

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. **Protocolo Regula Queima da Cana-de-açúcar em Minas.** Disponível da WEB <http://www.agricultura.mg.gov.br/noticias/719>. Acesso em 05 de julho de 2013.

SILVA, J. S. **Produção de álcool na fazenda: equipamentos, sistemas de produção e usos.** Viçosa, MG. Ed. Aprenda Fácil. 2011, vol. 1, 390p. ISSB978-85-62032-23-3.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C.; ALSINA, O. L. S. **Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos. 2007, vol.2, pp. 27-32. ISSN 1809-8797.

ROCHA, F. L. R., MARZIALE, M. H. P., HONG, O. **Work and health conditions of sugar cane workers in Brazil**. Rev. esc. enferm. USP [online]. 2010, vol.44, n.4, pp. 978-983. ISSN 0080-6234.

TRENTO FILHO, A. J. **Produção de cana-de-açúcar e qualidade da cachaça em Morretes-PR**. Curitiba-PR. Universidade Federal do Paraná. (Dissertação de mestrado). 2008.

## **CAPÍTULO 2**

---

### **VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL A PARTIR DO RESÍDUO DA CACHAÇA EM SISTEMA DE ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES**

---

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das gramíneas mais versáteis cultivadas nas regiões tropicais. Serve de matéria-prima para a produção de rapadura, melaço, cachaça e álcool combustível, ou mesmo, in natura, como forragem para o gado (MENDES, 2006).

A cultura de cana-de-açúcar faz parte do dia-a-dia da agricultura familiar brasileira. É uma importante fonte de energia para o gado na época da seca. Seus subprodutos garantem renda durante todo o ano para o agricultor. Sendo assim, a produção integrada de álcool combustível, aguardente, carne e leite pode ser alternativa realista de geração de emprego e renda no campo.

Diferentemente de outros programas destinados a esse público, a produção integrada de alimentos e energia apresenta menor chance de fracasso, por possibilitar a utilização de parte da estrutura, não sendo, portanto, necessárias grandes mudanças para a implantação do sistema produtivo.

Em um levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Cachaça (IBRAC, 2012), estima-se que existem no país mais de 40.000 produtores e 4.000 marcas de cachaça, sendo que 99% dos produtores são microempresários. O setor é responsável por gerar mais de 600.000 empregos, diretos e indiretos. A produção nacional de cachaça é estimada em 1,2 bilhões de litros.

Uma grande parcela das pequenas unidades rurais produtoras de cachaça de alambique ainda produzem uma cachaça de qualidade inferior vendida a preço baixo, tornando a atividade pouco remuneradora. A baixa qualidade decorre principalmente da não adoção das boas práticas de fabricação.

Com o aumento das pressões, tanto pelo mercado externo quanto interno, para a melhoria da qualidade da cachaça, algumas medidas estão sendo implementadas. A produção de cachaça de qualidade depende de algumas práticas e, dentre elas está a separação das frações destiladas no início e no final do processo de produção da aguardente e, que não deve fazer parte do produto final. Estas parcelas (cabeça e cauda da destilação) apresentam potencial para produção de quantidades significativas de etanol, visando o atendimento das necessidades locais de energia para uso

automotivo, para geração de energia elétrica ou mecânica, uso em fogões a álcool e outros fins.

No Brasil, o maior problema que ainda persiste, é a inexistência de leis que incentive a produção de etanol em pequena escala (álcool de fazenda). No estado de Minas Gerais foi instituída a Política de Incentivo às Microdestilarias de Álcool e Beneficiamento de Produtos derivados da Cana de Açúcar, voltado para pequenas e médias propriedades, para produção de até 5.000 L.dia<sup>-1</sup> (lei estadual 15.456/2005 de 12/01/2005), ALMG (2005). Esta medida abre possibilidades para o desenvolvimento de regiões com poucas opções para o desenvolvimento econômico com outras atividades. Infelizmente, essa lei não foi ainda regulamentada e faz com que qualquer produtor que comercialize o álcool seja considerado um clandestino e, portanto, sujeito a multas e outras penalidades.

Assim, a maneira mais correta para a comercialização do etanol produzido em fazenda é via associações ou e cooperativas.

A principal diferença entre a associação e a cooperativa é que a associação deve conter um número mínimo de 2 associados e a cooperativa um número mínimo de 20 cooperados e não possuem um número máximo de associados. As associações são constituídas por um grupo de pessoas, que objetivam desempenhar, em benefício comum, uma determinada atividade econômica, elas estão vinculadas a Lei n° 10.406, de 10 de janeiro de 2002, Título II, Capítulo II.

A pequena incorporação tecnológica e a quase inexistência de associação entre os produtores têm levado a produção de cachaça em várias regiões do Brasil a uma situação de semi-estagnação e até de decadência (OLIVEIRA et al. 2008).

Como forma de incentivar, retirar da clandestinidade e melhorar a competitividade do setor, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento aprovou em 30 de outubro de 2002 a instrução normativa número 56, que regulamentou os procedimentos para registro de entidades organizadas em associações e cooperativas. Esta norma, posteriormente, foi substituída pela instrução normativa n° 20 de 25 de outubro de 2005, onde ficaram estabelecidas as “Normas relativas aos requisitos e procedimentos para

registro de estabelecimentos produtores de aguardente de cana e de cachaça, organizados em sociedade cooperativa e os respectivos produtos elaborados”. Cita-se como exemplo o caso da COOCACHAÇA - Cooperativa de Produção e Promoção da Cachaça de Minas Gerais, primeira cooperativa de produtores de cachaça artesanal do país, criada em 1999. A produção é corretamente ecológica não se queimando a cana e sem uso de produtos químicos para adubação (SEBRAE, 2008). Neste tipo de organização é perfeitamente possível a obtenção do álcool ecológico e social, com grande aceitação no mercado internacional e que por sua produção diferenciada poderia ser mais bem cotado que o etanol produzido em grande escala.

A organização de pequenos produtores em associações ou cooperativas geram um volume representativo de cabeça e cauda, que se convertido em álcool constituirá mais uma fonte de renda para os pequenos produtores, uma vez que estas entidades podem comercializar o produto para as distribuidoras.

Um recente trabalho publicado em Bonn, Alemanha, cita alguns casos de produção de álcool combustível no Brasil por pequenos produtores. Segundo Scholtes (2009), o Brasil poderia ser para o mundo um modelo de desenvolvimento e redução da pobreza, caso houvesse por parte das autoridades uma legislação que favorecesse a produção de álcool combustível pelos pequenos produtores.

A organização em associações é interessante pelo fato dos associados, diferentemente das grandes usinas, poderem produzir álcool o ano inteiro, e até mesmo negociar o produto entre os associados.

Por exemplo, se vários taxistas participarem de uma associação, eles podem adquirir o álcool combustível dos demais associados e todos lucrarem. Os taxistas ganham por comprarem um combustível num preço abaixo do encontrado no mercado e os produtores por venderem um produto que foi feito a partir de um resíduo da produção da cachaça antes descartado.

A produção de etanol de fazenda a partir do resíduo da produção de aguardente pode contribuir muito para a produção de cachaça de qualidade por dar outro destino a este resíduo impróprio para consumo, cujo volume é expressivo.

## 2. OBJETIVO

Determinar o custo de produção de etanol em sistema de associação de produtores.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma propriedade rural do município de Cajuri-MG. A propriedade denominada *Sítio do Compadre* possui estrutura para a instalação de uma associação de produtores de álcool a partir de cabeça e cauda. A panela da coluna de destilação do álcool possui capacidade para 1.200 litros de pré-destilado por batelada. Na propriedade estudada, o volume da panela representa um problema para o proprietário. Para enchê-la e produzir álcool, demandaria muitos dias de produção de cachaça para a retirada da cabeça e da cauda, uma vez que na propriedade existe apenas um alambique com panela com um volume de 1.000 litros.

Portanto, foi analisada a possibilidade da organização de uma pequena associação de produtores de álcool formada por vizinhos que produzem cachaça, a fim de aproveitar o potencial de produção de álcool combustível da coluna de retificação existente na propriedade central.

Para a formação da associação foi estipulado um número de 15 associados. A capacidade de produção dos mesmos se diferenciou de acordo com o tamanho do alambique. Adotaram-se alambiques com capacidades para 300, 500, 700 e 1.000 litros de caldo fermentado, tamanhos normalmente comercializados.

A fim de melhorar a qualidade da cachaça e torná-la um produto de excelência, a associação deve impor algumas regras, ficando estabelecido que todos os associados devessem separar a “cabeça” da cachaça com os primeiros 15% do volume de álcool presente no caldo fermentado e para a “cauda” devem ser retirados os 20% finais do volume de álcool. A base de cálculo foi realizada com uma porcentagem de 8% de álcool no volume total de caldo fermentado. Este valor pode variar de 8 a 12%, mas em pequenas propriedades é mais comum conseguir apenas 8% de volume de álcool, devido à qualidade do “pé de cuba”.

A análise de custo foi realizada com base no preço da terra, plantio e colheita da cana, custos dos equipamentos (moenda, tanque de decantação, dornas de fermentação, alambique, coluna de destilação e panela, tanque de armazenamento, mão de obra e outros). Para a determinação do custo operacional das máquinas agrícolas no preparo da área destinada ao plantio de cana-de-açúcar, adotou-se a metodologia proposta por Fernandes (2004) que consiste de uma planilha com dados de horas trabalhadas, consumo de combustível, manutenção, etc. Os custos para o preparo da área e o plantio da cana, foram computados a cada seis anos, por ser uma atividade única durante toda a vida útil da cultura.

A estrutura da associação, conforme determinações da Norma Regulamentadora – NR 20, de 1978, seria composta por um galpão para a recepção do pré-destilado e abrigo da coluna de retificação, escritório, dois banheiros (masculino e feminino) e local para o armazenamento do álcool combustível (Figura 15), que apresenta todas as especificações corretas, para a segurança da associação e das pessoas envolvidas no processo.

A Figura 16 apresenta uma vista frontal do galpão, a Figura 17 uma vista lateral interna, e a vista lateral da área de armazenamento do álcool está representada na Figura 18.

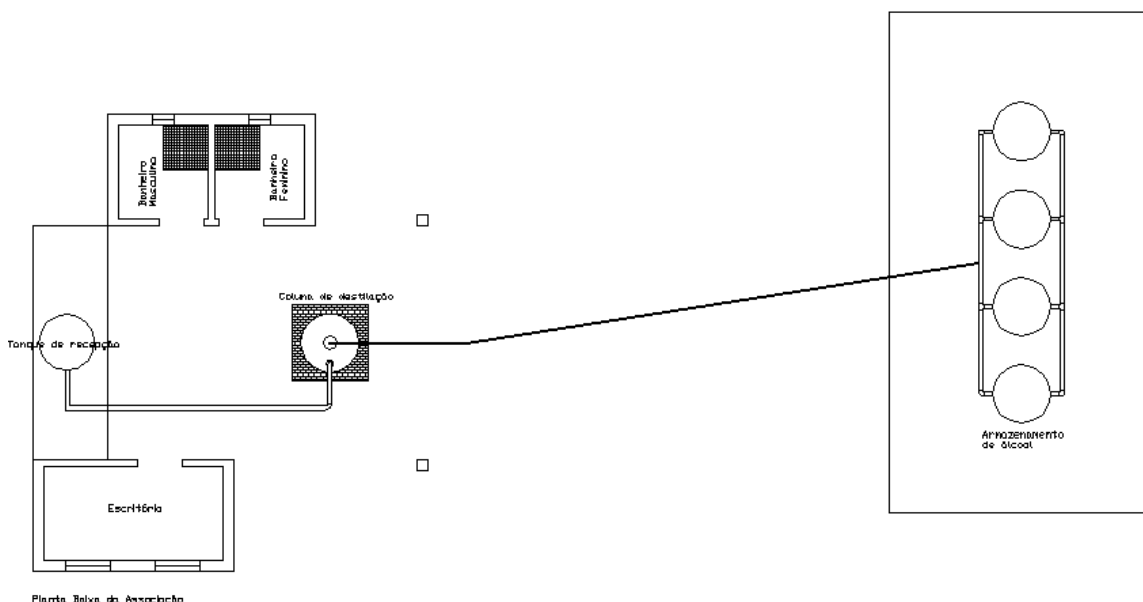
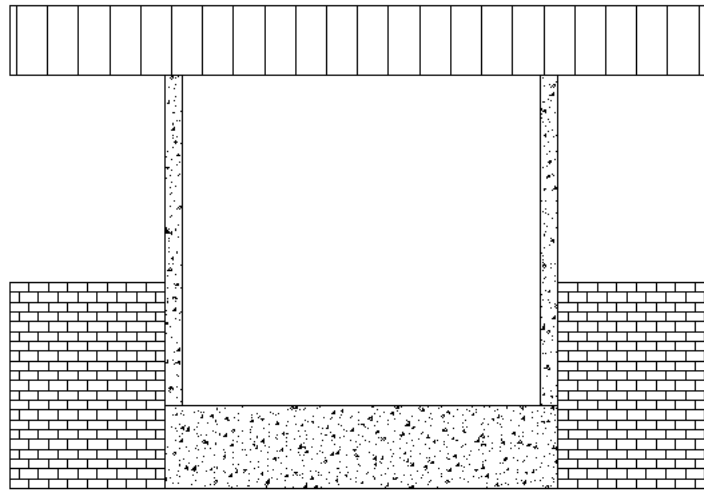
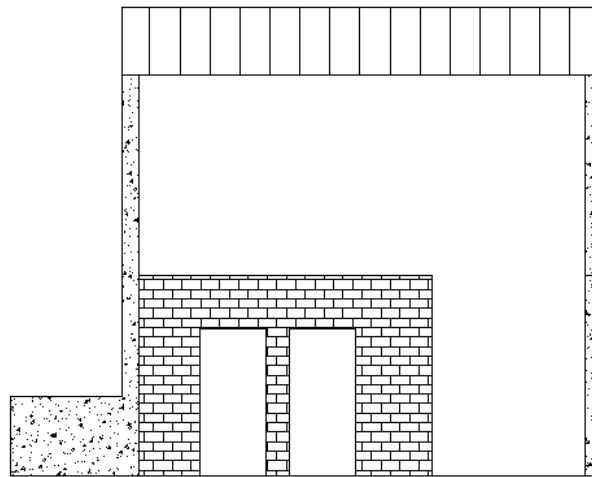


Figura 15 - Planta baixa da estrutura da associação.



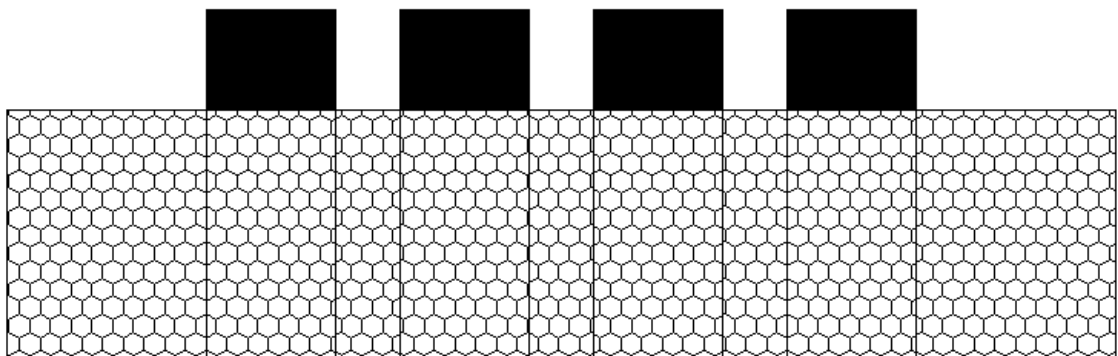
Vista Frontal da Associação

Figura 16 - Vista frontal do galpão da associação.



Vista Lateral da Associação

Figura 17 - Vista lateral do galpão da associação.



Vista Frontal dos tanques de Armazenamento do Etanol

Figura 18 - Vista frontal da área de armazenamento do álcool.

### **3.1. CUSTO DA TERRA**

O custo médio de um hectare de terra na região em estudo foi determinado por meio de consulta a proprietários e imobiliárias na região.

### **3.2. PRODUÇÃO DA CANA**

Os custos de produção de cana foram considerados para um período de 6 anos (ciclo da cultura). Depois deste período, alguns procedimentos devem ser feitos novamente, como o preparo da terra e o plantio da cana. Alguns parâmetros foram retirados da FAEG (Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás).

#### **3.2.1. Preparo da terra**

Os proprietários da região na maioria das vezes fazem somente uma aração e gradagem.

As estimativas dos custos envolvendo as máquinas agrícolas para o preparo da terra foram realizadas com auxílio da planilha desenvolvida pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Governo do Estado de São Paulo, através da bibliografia consultada de Fernandes (2004).

#### **3.2.2. Plantio**

Adotou-se como período para renovação do canavial o intervalo de seis anos, sendo realizado o plantio de algumas áreas adicionais durante o ciclo da cana, uma vez que a produtividade do canavial vai diminuindo ao longo dos anos. O plantio é feito em linha, espaçadas de um metro, nas quais são abertos sulcos e depositadas as mudas com aproximadamente 30 cm.

### **3.3. PRODUÇÃO DE CACHAÇA**

O custo de produção de cachaça foi baseado no preparo da terra, aquisição de equipamentos e mão de obra. Este item embora tenha sido calculado, pode variar de produtor para produtor de acordo com suas

especificidades. O custo de produção de álcool pela associação deve ser computado a partir da entrega da cabeça e da cauda pelos associados, tendo em vista que a associação é responsável apenas pela produção do álcool combustível de fazenda.

### **3.3.1. Corte da cana**

Considerou-se que a cana seria cortada 200 dias consecutivos por ano. A cana cortada no dia deve ser moída no dia seguinte, como determinado neste estudo um homem consegue cortar 1,88 toneladas de cana em um dia de serviço. De acordo com a capacidade do alambique estudado, foi necessário considerar mais de um trabalhador, quando a demanda de caldo de cana ultrapassa o valor aproximado de 1.100 litros de caldo por dia.

### **3.3.2. Equipamentos**

Os custos com equipamentos para a produção de cachaça variam de acordo com a capacidade de produção. Por exemplo, se um produtor possui um alambique de 300 litros, a moenda, o tanque de decantação, as dornas de fermentação e os tonéis de armazenamento, são menores do que um produtor que possui um alambique de 1.000 litros, por isto quatro casos foi estudado para a obtenção destes custos. Os valores foram levantados a partir de orçamentos de empresas que fabricam os equipamentos e a aquisição foi dividida ao longo de 8 anos.

- **Moenda**

A moenda tem a função de extrair o caldo da cana-de-açúcar, separando-o do bagaço. A escolha da moenda foi baseada na necessidade de extração de caldo por dia para atender a capacidade de destilação da panela de 1.000 litros.

- **Decantador**

O decantador deve ser construído em aço inoxidável com 4 paletas e peneiras. Tem a função de retirar os bagacilhos e decantar impurezas do caldo de cana antes de se fazer a diluição e ir para as dornas de fermentação.

- **Dornas de fermentação**

As dornas de fermentação foram orçadas em aço inox. São recipientes necessários para o processo de fermentação do caldo de cana para produção de cachaça e etanol.

- **Alambique**

Foram orçados quatro tamanhos de alambique em cobre. Os alambiques são utilizados para destilar o álcool contido no caldo fermentado.

- **Tonel de madeira para armazenamento da cachaça**

O tonel de madeira é utilizado para armazenar a cachaça no período de envelhecimento. Durante o envelhecimento da cachaça, ele necessita de estar armazenada em um material que permita respirar, por isso a escolha da madeira que é o único material que cumpre esta função. No tempo em que se encontra armazenada ocorrem algumas reações químicas lentas, que são responsáveis por modificar a composição da bebida. A madeira mais utilizada para o processo de envelhecimento da cachaça é o carvalho. O dimensionamento da quantidade de tonéis de madeira foi baseado na capacidade de produção de cachaça por safra, uma vez que a mesma deve ser armazenada por um período de um ano, antes de ser comercializada.

### **3.4. COMERCIALIZAÇÃO DA CACHAÇA**

A cachaça de qualidade é vendida no mercado a um preço superior. Adotou-se como preço de venda da cachaça de qualidade produzida pelos associados o valor de R\$ 5,00 embora o produto possa alcançar valores superiores a R\$ 20,00 o litro no mercado varejista na região de Viçosa.

A comercialização do produto só ocorrerá a partir do terceiro ano. No primeiro ano, foi feito o plantio da cana e no segundo ano a safra da cachaça produzida deve ser armazenada nos tonéis de carvalho, para ser retirada somente no ano seguinte.

#### **3.4.1. Produção de álcool**

Os custos com os equipamentos e mão de obra para a produção do álcool na associação serão divididos para cada associado de acordo com a quantidade de pré-destilado entregue individualmente.

A produção e comercialização do álcool se dá sempre a partir do segundo ano do ciclo da cana, uma vez que no primeiro ano o canavial está sendo formado.

#### **3.4.2. Galpão para produção do álcool**

O Galpão para a produção do álcool na associação terá um escritório para o cadastramento e processamento das informações, com 50 m<sup>2</sup>, dois banheiros totalizando 54 m<sup>2</sup>, feitos em alvenaria. O Galpão para alojar a coluna de retificação não terá paredes, apenas colunas de alvenaria, com piso de cimento e telhado galvanizado e o local dos tanques de armazenamento do álcool será cercado com tela.

#### **3.4.3. Tanque para armazenamento do pré-destilado**

O tanque para armazenamento do pré-destilado cabeça e cauda, foi dimensionado de acordo com a capacidade diária de produção de álcool da coluna de retificação. O tanque serve também para armazenar um excedente da produção ou até mesmo para uma eventualidade de manutenção na coluna.

#### **3.4.4. Coluna de retificação**

A coluna de retificação foi orçada em material inox. É o equipamento necessário para, a partir do pré-destilado de cabeça e de cauda, obter álcool combustível.

#### **3.4.5. Tanque para armazenamento de álcool**

Os tanques de armazenamentos foram dimensionados para armazenar 40.000 litros de etanol, ou seja, aproximadamente 45% da produção, considerando que nem toda produção será escoada por dia. Caso o produto venha a ser comercializado por distribuidoras, se faz necessário o acúmulo de no mínimo 30.000 litros de etanol para posterior comercialização. Os tanques foram orçados em aço inox.

#### **4. ORGANIZAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO**

Para estudar o custo de produção de álcool combustível em associação, estabeleceu-se uma unidade hipotética de produção, constituída por 15 associados.

A associação deve conter um estatuto que irá definir as regras de funcionamento, além das regras básicas já definidas em lei. Adotou-se as seguintes considerações sobre a funcionalidade da organização, para fins de análises da produção de álcool.

As cotas serão definidas conforme o volume de pré-destilado fornecido pelo associado. Estas despesas se referem a pagamento de funcionários, pagamento para aquisição e manutenção dos equipamentos, contas de luz, entre outras.

Cada associado será responsável por trazer o seu pré-destilado e entregá-lo na associação.

O associado terá a opção de escolher qual a destinação final da cota de combustível que lhe pertence, podendo optar pela comercialização junto aos demais associados, ou consumi-lo em benefício próprio.

Os custos para a aquisição dos equipamentos foram divididos em 8 anos, com acréscimo de juros de 6% ao ano, valor da poupança.

A vida útil dos equipamentos foi estipulada em 20 anos, portanto foi acrescida, ao ano, uma parcela de depreciação dos equipamentos para cada associado, com uma taxa de juros de 6% ao ano, semelhante ao da poupança, afim de que ao final do período, todos os equipamentos possam ser novamente adquiridos.

Podem fazer parte da associação, consumidores, como por exemplo, taxistas, desde que, estes comprem uma porcentagem de cotas da associação.

Se o associado por ventura vier a deixar a associação, ele deverá receber o valor referente à sua cota.

A Tabela 10 abaixo possui o número de produtores da associação com a capacidade média de produção de cabeça, cauda e cachaça de coração, produzida por eles em cada batelada.

Como cada produtor consegue realizar até duas bateladas por dia, o volume produzido de cabeça e de cauda por dia seria de aproximadamente 1.200 litros, valor este suficiente para encher a panela da coluna de retificação da propriedade rural tomada para este estudo.

Tabela 10. Capacidade de produção diária dos participantes da associação

Produtor	Capacidade do alambique (L)	Produção de Cachaça com 45°GL (L)	Produção de Cabeça com 60°GL (L)	Produção de Cauda com 25°GL (L)
Produtor 1	1000	115,6	20,0	64,0
Produtor 2	700	80,9	14,0	44,8
Produtor 3	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 4	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 5	500	57,8	10,0	32,0
Produtor 6	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 7	500	57,8	10,0	32,0
Produtor 8	700	80,9	14,0	44,8
Produtor 9	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 10	500	57,8	10,0	32,0
Produtor 11	500	57,8	10,0	32,0
Produtor 12	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 13	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 14	700	80,9	14,0	44,8
Produtor 15	300	34,7	6,0	19,2
<b>Volume total</b>		<b>832,0</b>	<b>144,0</b>	<b>460,8</b>

#### 4.1. ANÁLISE ECONÔMICA

Para a análise econômica foi realizado um fluxo de caixa computando todas as despesas e receitas anuais do empreendimento, supondo que toda a produção de cachaça seja comercializada e o etanol produzido vendido entre os associados, conforme a Equação 6.

$$S_t = R_t - D_t \quad (6)$$

em que:

$S_t$  = Fluxo de caixa no período t, (R\$);

$R_t$  = Receitas no período t, (R\$);

- $D_t$  = Despesas no período t, (R\$);  
 $t$  = Período de tempo dentro da vida útil do investimento, (ano).

Ao finalizar o fluxo de caixa, foi realizada uma avaliação econômica do empreendimento, com as medidas de rentabilidade e liquidez apresentadas a seguir.

#### 4.1.1. Valor presente líquido (VPL)

Consiste no somatório do valor presente das parcelas periódicas do fluxo de caixa gerado ao longo da vida útil do empreendimento. Foi calculado utilizando a Equação 7.

$$VPL(r) = \sum_0^T \frac{S_t}{(1+r)^t} \quad (7)$$

em que:

- $VPL(r)$  = Valor presente líquido para a taxa de juros r, (R\$);  
 $S_t$  = Fluxo de caixa no período t, (R\$);  
 $T$  = Tempo de vida útil do investimento (ano);  
 $r$  = Taxa de juros do mercado (adimensional);  
 $t$  = Período de tempo dentro da vida útil do investimento (ano)

#### 4.1.2. Taxa interna de retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno refere-se à máxima taxa de juros de mercado suportada pelo investimento sem se tornar economicamente inviável. É a taxa de juros que torna o VPL igual a zero. A TIR foi calculada utilizando a Equação 8.

$$\sum_0^T \frac{S_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (8)$$

Para um investimento ser economicamente atrativo, a TIR deve ser maior que a taxa mínima de atratividade do capital, ou seja, maior do que o custo de oportunidade do capital (taxa de juros do mercado).

### 4.1.3. Relação benefício custo (RBC)

A Relação Benefício Custo é a razão entre o somatório do fluxo de caixa descontado de entrada e o somatório do fluxo descontado de saída. Trata-se de um índice que mostra o retorno total do capital e dos custos de operação ao longo da vida útil do investimento, conforme a Equação 9.

$$RBC = \frac{\sum_{t=0}^T \left[ \frac{R_t}{(1+r)^t} \right]}{\sum_{t=0}^T \left[ \frac{D_t}{(1+r)^t} \right]} \quad (9)$$

em que:

RBC = Relação Benefício/Custo, (adimensional);

$R_t$  = Receitas no período t, (R\$);

$D_t$  = Despesas no período t, (R\$).

Para que um investimento seja economicamente viável, sua Relação Benefício/Custo deve ser maior que 1.

### 4.1.4. Tempo de retorno do capital (TRC)

O Tempo de Retorno do Capital Descontado corresponde ao período de tempo necessário para que o capital investido seja integralmente recuperado. Matematicamente, é o período de tempo que torna o somatório do fluxo de caixa descontado do investimento igual à zero.

## 4.2. ESTUDOS DE CASOS

Para analisar a viabilidade econômica, foram estudados 4 diferentes casos. Os casos foram baseados de acordo com os alambiques mais encontrados em pequenas propriedades. Estes alambiques são de 300, 500, 700 e 1.000 litros de capacidade de caldo.

Os valores dos equipamentos foram levantados através de uma pesquisa de preço com três diferentes empresas fornecedoras, o pagamento dos mesmos, foram divididos em 8 anos, também foi computado um adicional de 10% ao valor total, para aquisição de tubulações e algumas miudezas. A depreciação dos equipamentos foi considerada de 20 anos.

#### 4.2.1. CASO 1: Produção de cachaça com alambique de 300 litros

Um produtor que possui um alambique de 300 litros de caldo necessita de 600 litros de caldo ou o consumo de uma tonelada de cana por dia, pois para este estudo foi levado em consideração que foram realizadas duas alambicadas por dia.

A moenda escolhida foi o modelo 08 x 09, com capacidade de extração de até 600 litros por hora. Este modelo foi o com a menor capacidade apresentado por varias empresas.

A produção média de cachaça por dia é de 70 litros, ou seja, 35 litros por batelada. Espera-se que sejam produzidos 14.000 litros de cachaça de qualidade, durante a safra de 200 dias.

Os preços dos equipamentos podem ser visualizados na Tabela 11.

Tabela 11. Valor dos equipamentos utilizados para a produção de cachaça

Descrição	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Terno de Moenda 08 x 09 cm	1	19.790,00	19.790,00
Tanque de decantação de 250 L	1	900,00	900,00
Dornas de fermentação para 750 L	3	1.900,00	5.700,00
Alambique de 300 L	1	5.200,00	5.200,00
Tonel de carvalho para 1.000 L	14	1.500,00	21.000,00
<b>Subtotal</b>			<b>52.590,00</b>
Outras	-	10%	5.259,00
<b>Total</b>			<b>57.849,00</b>

Na Tabela 12 estão apresentadas as necessidades de área para este estudo de caso.

Tabela 12. Parâmetros para a produção de cachaça em alambique de 300 litros

Parâmetro	Unidade	Diária	Mensal	Safra
Jornada de trabalho	h	8	200	1.600
Volume de caldo	L.t <sup>-1</sup>	-	-	597
Número de alambicadas	-	2	50	400
Volume de cachaça	L	70	1.750	14.000
Demanda de caldo	L	600	15.000	120.000
Demanda de cana	t	1	25,1	200,8
Demanda de área plantada	ha	0,01	0,25	2

#### 4.2.2. CASO 2: Produção de cachaça com alambique de 500 litros

Para produtores que possuem alambique de 500 litros de caldo necessita de 1.000 litros de caldo por dia, pois para este estudo foi levado em consideração que foram realizadas duas alambicadas por dia, logo a necessidade de se cortar 1,66 toneladas de cana por dia.

A moenda escolhida foi o modelo 08 x 09, com capacidade de extração de até 600 litros por hora. Este modelo foi o com a menor capacidade apresentado por várias empresas.

A produção média de cachaça por dia é de 116 litros, ou seja, 58 litros por batelada, como visto no capítulo de Coeficientes Técnicos, portanto espera que sejam produzidos 23.200 litros de cachaça de qualidade, durante a safra de 200 dias.

Os custos dos equipamentos podem ser visualizados na Tabela 13.

Tabela 13. Valor dos equipamentos utilizados para a produção de cachaça

Descrição	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Terno de Moenda 08 x 09 cm	1	19.790,00	19.790,00
Tanque de decantação de 250 L	1	900,00	900,00
Dornas de fermentação para 1.200 L	3	2.500,00	7.500,00
Alambique de 500 L	1	7.500,00	7.500,00
Tonel carvalho para 1.000 L	24	1.500,00	36.000,00
<b>Subtotal</b>			<b>71.690,00</b>
Outras	-	10%	7.169,00
<b>Total</b>			<b>78.859,00</b>

A Tabela 14 foi baseada nos coeficientes técnicos apresentados no Capítulo 1. Nela estão apresentadas as necessidades de área para este estudo de caso.

Tabela 14. Parâmetros para a produção de cachaça em alambique de 500 litros

Parâmetro	Unidade	Diária	Mensal	Safra
Jornada de trabalho	h	8	200	1.600
Volume de caldo	L.t <sup>-1</sup>	-	-	597
Número de alambicadas	-	2	50	400
Volume de cachaça	L	116	2.900	23.200
Demanda de caldo	L	1.000	25.000	200.000
Demanda de cana	t	1,68	42	336
Demanda de área plantada	ha	0,015	0,375	3

#### 4.2.3. CASO 3: Produção de cachaça com alambique de 700 litros

Um produtor que possui um alambique de 700 litros de caldo necessita de 1.400 litros de caldo por dia, pois para este estudo foi levado em consideração que foram realizadas duas alambicadas por dia, logo a necessidade de se cortar 2,33 toneladas de cana por dia.

A moenda escolhida foi o modelo 09 x 12, com capacidade de extração de até 1.000 litros por hora. O modelo com capacidade menor atrasaria muito o serviço, pois necessitaria de mais de 2 horas para moer a cana.

A produção média de cachaça por dia é de 162 litros, ou seja, 81 litros por batelada, portanto espera que sejam produzidos 32.400 litros de cachaça de qualidade, durante a safra de 200 dias.

Os custos dos equipamentos podem ser visualizados na Tabela 15 e a Tabela 16 ilustra as necessidades de área para este estudo de caso.

Tabela 15. Valor dos equipamentos utilizados para a produção de cachaça

Descrição	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Terno de Moenda 09 x 12 cm	1	28.560,00	28.560,00
Tanque de decantação de 400 L	1	1.200,00	1.200,00
Dornas de fermentação para 1.700 L	3	3.500,00	10.500,00
Alambique de 700 L	1	9.500,00	9.500,00
Tonel de carvalho para 1.000 L	33	1.500,00	49.500,00
<b>Subtotal</b>			<b>99.260,00</b>
Outras	-	10%	9.926,00
<b>Total</b>			<b>109.186,00</b>

Tabela 16. Parâmetros para a produção de cachaça em alambique de 700 litros

Parâmetro	Unidade	Diária	Mensal	Safra
Jornada de trabalho	h	8	200	1.600
Volume de caldo	L.t <sup>-1</sup>	-	-	597
Alambicadas	n°	2	50	400
Volume de cachaça	L	162	4.050	32.400
Demanda de caldo	L	1.400	35.000	280.000
Demanda de cana	t	2,35	58,75	470
Demanda de área plantada	ha	0,022	0,55	4,4

#### 4.2.4. CASO 4: Produção de cachaça com alambique de 1.000 litros

Um produtor que possui um alambique de 1.000 litros de caldo necessita de 2.000 litros de caldo por dia, pois para este estudo foi levado em consideração que foram realizadas duas alambicadas por dia, logo a necessidade de se cortar 3,35 toneladas de cana por dia.

A moenda escolhida foi o modelo 09 x 12, com capacidade de extração de até 1.000 litros por hora. O modelo com capacidade menor atrasaria muito o serviço, pois necessitaria de mais de 3 horas para moer a cana, ou seja, quase meio dia de serviço.

A produção média de cachaça por dia é de 232 litros, ou seja, 116 litros por batelada, portanto espera que sejam produzidos 46.400 litros de cachaça de qualidade, durante a safra de 200 dias.

Os preços dos equipamentos podem ser visualizados na Tabela 17.

Tabela 17. Valor dos equipamentos utilizados para a produção de cachaça

Descrição	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Terno de Moenda 09 x 12 cm	1	28.560,00	28.560,00
Tanque de decantação de 400 L	1	1.200,00	1.200,00
Dornas de fermentação para 2.400 L	3	4.400,00	13.200,00
Alambique de 1.000 L	1	14.700,00	14.700,00
Tonel de carvalho para 1.000 L	47	1.500,00	70.500,00
<b>Subtotal</b>			<b>128.160,00</b>
Outras		10%	12.816,00
<b>Total</b>			<b>140.976,00</b>

Na Tabela 18 estão apresentadas as necessidades de área para este estudo de caso.

Tabela 18. Parâmetros para a produção de cachaça em alambique de 1.000 litros

Parâmetro	Unidade	Diária	Mensal	Safra
Jornada de trabalho	h	8	200	1.600
Volume de caldo	L.t <sup>-1</sup>	-	-	597
Número de alambicadas	-	2	50	400
Volume de cachaça	L	231	5.775	46.200
Demanda de caldo	L	2.000	50.000	400.000
Demanda de cana	t	3,35	83,75	670
Demanda de área plantada	ha	0,03	0,75	6

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. CUSTO DA TERRA

Depois de consulta realizada a proprietários e imobiliárias da região em estudo, verificou-se que o valor estimado de um hectare de terra foi de R\$ 15.000,00.

### 5.2. PRODUÇÃO DA CANA

A Figura 19 refere-se ao custo operacional para aração do terreno. O custo de uma hora de trabalho foi de R\$ 99,67. Admitindo-se que o contratado tenha um lucro de 30%, o valor desta operação é de, aproximadamente, R\$ 130,00.

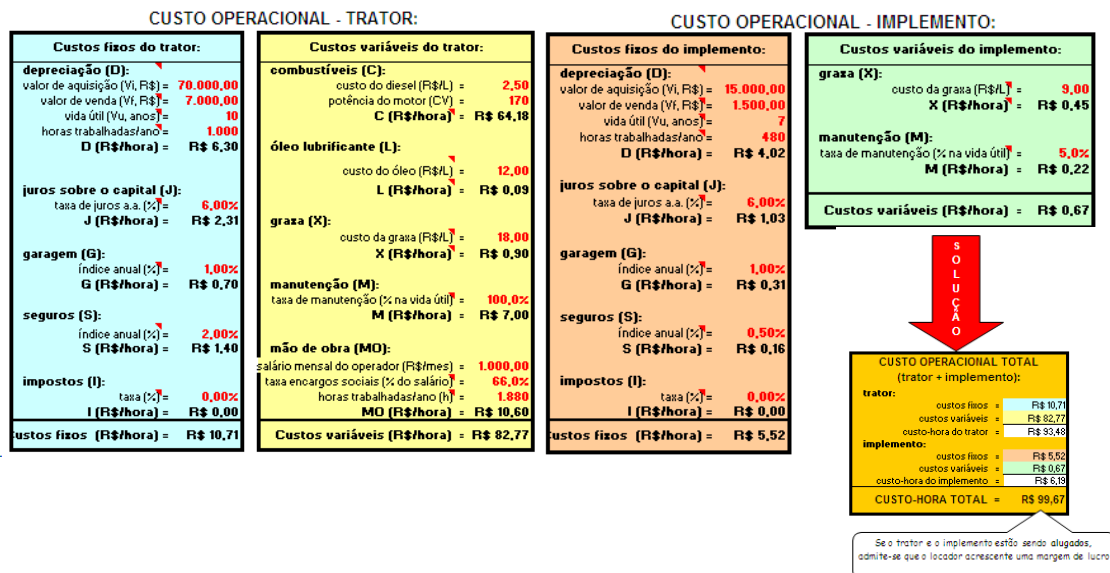


Figura 19 - Planilha para cálculo do custo da operação de aração do terreno.

A Figura 20 contém os cálculos do custo de produção para a gradagem do terreno. O valor calculado foi de R\$107,70. Admitindo-se um lucro de 30% para o contratante, o custo estimado é de R\$140,00.

Estes valores estão próximos aos informados por empresas que prestam serviços com máquinas agrícolas a produtores.

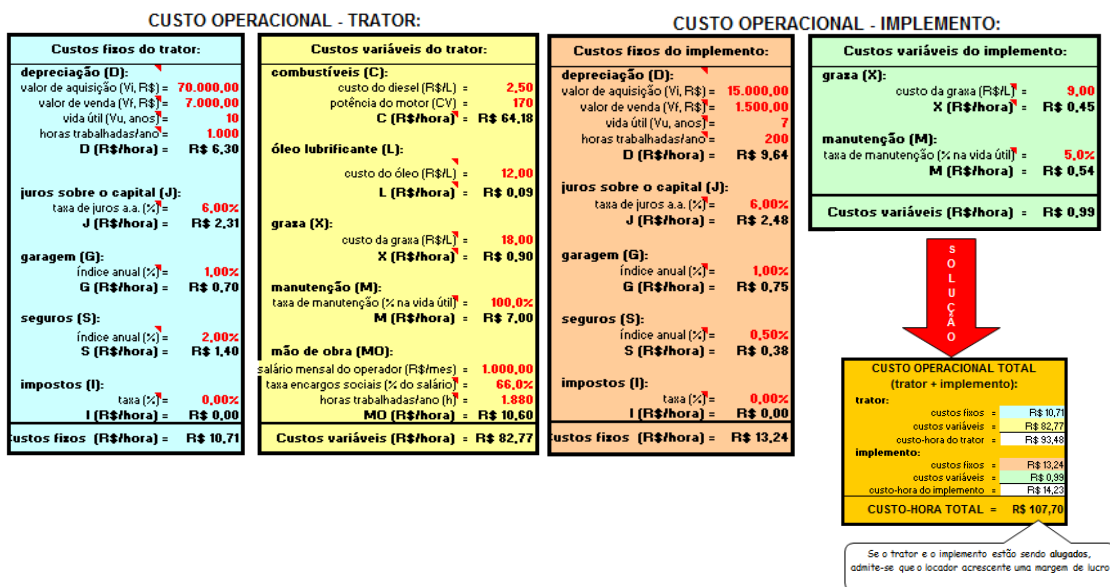


Figura 20 - Planilha para cálculo do custo operacional de gradagem do terreno.

Os custos para o preparo de um hectare de terra para o plantio e corte da cana podem ser vistos na Tabela 19.

A adição de áreas de plantio de cana-de-açúcar durante o ciclo de produção variou de acordo com a necessidade anual de cana, uma vez que, esta diminui ao longo do ciclo.

Tabela 19. Custos de produção da cana por hectare

Descrição	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Preparo e Plantio	
			Quant.	Valor (R\$)
Aração	h	130,00	0,8	104,00
Gradagem	h	140,00	1,2	168,00
Calcário	t	48,00	2,5	112,5
Combate à formiga	dia	355,00	1	355,00
Muda de cana	t	100,00	12	1.200,00
Adubação (NPK 10-30-20)	t	1.340,00	0,6	804,00
Mão de obra (Plantio)	dia	60,00	10	600,00
<b>Subtotal (R\$/ha)</b>				<b>3.343,50</b>

A Figura 21 ilustra a necessidade de plantio de uma área adicional de 0,5 hectare de cana, no Ano 3 para o alambique de 300 litros, com a finalidade de manter a produtividade do canavial acima de 200 toneladas por ano.

Etapas	Produção esperada	Ciclo					
		Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Plantio (ha)		2,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0
1 corte	120		2,0	0,0	0,0	0,5	0,0
2 corte	115			2,0	0,0	0,0	0,5
3 corte	108				2,0	0,0	0,0
4 corte	100					2,0	0,0
5 corte	90						2,0
6 corte	80						
Ton. colhida			240,0	230,0	216,0	260,0	237,5
Ton. p/ plantio		24	0	0	6	0	0

Figura 21 – Área adicional de cana-de-açúcar para alambique de 300 litros.

A Figura 22 refere-se ao plantio de áreas adicionais de cana ao longo do ciclo para alambique de 500 litros. Observa-se a necessidade de plantio de duas áreas, cada uma com 0,5 hectare, ao longo do ciclo.

Etapas	Produção esperada	Ciclo					
		Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Plantio (ha)		3,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,0
1 corte	120		3,0	0,0	0,5	0,0	0,5
2 corte	115			3,0	0,0	0,5	0,0
3 corte	108				3,0	0,0	0,5
4 corte	100					3,0	0,0
5 corte	90						3,0
6 corte	80						
Ton. colhida			360,0	345,0	384,0	357,5	384,0
Ton. p/ plantio		36	0	6	0	6	0

Figura 22 – Áreas adicionais de cana-de-açúcar para alambique de 500 litros.

Na Figura 23, plantio de apenas uma área adicional de um hectare no Ano 3, foi suficiente para manter a produtividade acima de 470 toneladas a cada ano.

Etapas	Produção esperada	Ciclo					
		Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Plantio (ha)		4,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
1 corte	120		4,5	0,0	0,0	1,0	0,0
2 corte	115			4,5	0,0	0,0	1,0
3 corte	108				4,5	0,0	0,0
4 corte	100					4,5	0,0
5 corte	90						4,5
6 corte	80						
Ton. colhida			540,0	517,5	486,0	570,0	520,0
Ton. p/ plantio		54	0	0	12	0	0

Figura 23 – Área adicional de cana-de-açúcar para alambique de 700 litros.

Para alambiques de 1.000 litros, para o qual a produtividade anual de cana deve ser de 670 toneladas, foi necessário o plantio de duas áreas adicionais (Figura 24), sendo a primeira área de um hectare no Ano 2 e a segunda área de 0,5 hectare no Ano 4.

Etapas	Produção esperada	Ciclo					
		Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Plantio (ha)		6,0	0,0	1,0	0,0	0,5	0,0
1 corte	120		6,0	0,0	1,0	0,0	0,5
2 corte	115			6,0	0,0	1,0	0,0
3 corte	108				6,0	0,0	1,0
4 corte	100					6,0	0,0
5 corte	90						6,0
6 corte	80						
Ton. colhida			720,0	690,0	768,0	715,0	708,0
Ton. p/ plantio		72	0	12	0	6	0

Figura 24 – Área adicional de cana-de-açúcar para alambique de 1.000 litros.

### 5.3. PRODUÇÃO DE CACHAÇA

#### 5.3.1. Corte da cana

Os custos para com o corte de cana foram analisados nos estudos de caso apresentados a seguir, sabendo que um homem consegue cortar em média 1,88 toneladas por dia.

#### 5.3.2. Estudos de casos

- **CASO 1: Produção de cachaça com alambique de 300 litros**

Para o estudo de caso 1 foi necessário apenas um trabalhador no corte da cana e outro para operação do alambique (separar cabeça, coração e cauda, monitorar a temperatura da panela e adicionar bagaço de cana na fornalha do alambique).

Os custos com mão de obra para o corte da cana e para produção da cachaça estão apresentados na Tabela 20. Nesta Tabela está computada, também, uma porcentagem de 20% para outras despesas como energia elétrica, água, benfeitorias e alguns reparos que por ventura possam a vir acontecer.

Tabela 20. Custos da produção da cachaça com alambique de 300 litros

Descrição	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Mão de obra para corte da cana	8 mês	678,00	5.424,00
Mão de obra para operação dos equipamentos	8 mês	678,00	5.424,00
<b>Subtotal</b>			<b>10.848,00</b>
Encargos Sociais e Trabalhistas: 33,77%		-	3.663,37
<b>Subtotal</b>			<b>14.511,37</b>
Outras: 20%		-	2.902,27
<b>Total</b>			<b>17.413,64</b>

- **CASO 2: Produção de cachaça com alambique de 500 litros**

Para o estudo de caso 2, produção de cachaça com alambique de 500 L, como no caso anterior, foi necessário apenas um trabalhador para o corte da cana.

Para a produção da cachaça um operador é suficiente para controlar o alambique separando cabeça, coração e cauda, monitorar a temperatura da panela e adicionar bagaço de cana à fornalha do alambique.

Os custos com mão de obra para o corte da cana e para produção da cachaça estão apresentados na Tabela 21. Moagem da cana e operação alambique é de responsabilidade de uma pessoa. Na Tabela 21 foram computadas, também, outras despesas como energia elétrica, água, benfeitorias e reparos eventuais. Para isto foi computado uma porcentagem de 20% de todas as das despesas mensais.

Tabela 21. Custos da produção da cachaça **com** alambique de 500 litros

Descrição	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Mão de obra para corte da cana	8 mês	678,00	5.424,00
Mão de obra para operação dos equipamentos	8 mês	678,00	5.424,00
<b>Subtotal</b>			<b>10.848,00</b>
Encargos Sociais e Trabalhistas: 33,77%		-	3.663,37
<b>Subtotal</b>			<b>14.511,37</b>
Outras: 20%		-	2.902,27
<b>Total</b>			<b>17.413,64</b>

- **CASO 3: Produção de cachaça com alambique de 700 litros**

A partir da demanda de cana por dia chega-se a conclusão que para um alambique de 700 litros são necessários dois trabalhadores no corte da cana.

Para a produção da cachaça, também são encontrados custos, como por exemplo, a mão de obra de uma pessoa controlar o alambique separando cabeça, coração e cauda e monitorando a temperatura da panela, adicionando bagaço de cana seco para manter a temperatura.

Os custos com mão de obra para o corte da cana e para produção da cachaça estão apresentados na Tabela 22. A operação do alambique e moagem da cana pode ser de responsabilidade de apenas uma pessoa. Como nos outros casos, foi computado, também, outras despesas como energia elétrica, água, benfeitorias e alguns reparos que por ventura possam a vir

acontecer, para isto foi computado uma porcentagem de 20% de todas as das despesas mensais.

Tabela 22. Custos da produção da cachaça **com** alambique de 700 litros

<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Mão de obra para corte da cana	16 mês	678,00	10.848,00
Mão de obra para operação dos equipamentos	8 mês	678,00	5.424,00
<b>Subtotal</b>			<b>16.272,00</b>
Encargos Sociais e Trabalhistas: 33,37%			- 5.495,05
<b>Subtotal</b>			<b>21.767,05</b>
Outras: 20%			- 4.353,41
<b>Total</b>			<b>26.120,46</b>

- **CASO 4 – Produção de cachaça com alambique de 1.000 litros**

A partir da demanda de cana por dia chegou-se a conclusão que para um alambique de 1.000 litros são necessários dois trabalhadores no corte da cana.

Para a produção da cachaça, também são encontrados custos, como por exemplo, a mão de obra de uma pessoa controlar o alambique separando cabeça, coração e cauda e monitorando a temperatura da panela, adicionando bagaço de cana seco para manter a temperatura.

Os custos com mão de obra para o corte da cana e para produção da cachaça estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23. Custos da produção da cachaça com alambique de 1.000 litros

<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Mão de obra para corte da cana	16 mês	678,00	10.848,00
Mão de obra para operação dos equipamentos	8 mês	678,00	5.424,00
<b>Subtotal</b>			<b>16.272,00</b>
Encargos Sociais e Trabalhistas: 33,37%			- 5.495,05
<b>Subtotal</b>			<b>21.767,05</b>
Outras: 20%			- 4.353,41
<b>Total</b>			<b>26.120,46</b>

A fabricação de aguardente é enquadrada na norma DN 74/2004, com o código D-02-02-1, mas, depois da análise de cada Estudo de Caso, verifica-se que a capacidade máxima de produção de aguardente não ultrapassa a 300 litros por dia. Portanto, todos os associados necessitariam apenas de uma Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF), para se regularizarem diante dos fatores ambientais de produção.

#### **5.4. COMERCIALIZAÇÃO DA CACHAÇA**

A cachaça de boa qualidade, como dito anteriormente, possui um preço superior no mercado, após uma pesquisa com produtores de cachaça da região, chegou-se ao preço médio de R\$ 5,00 o litro da bebida. Segundo relato de alguns produtores os clientes procuram o produto de melhor qualidade, mesmo tendo que pagar um preço mais elevado.

É importante salientar que para estes cálculos, não foram computados os impostos pagos ao governo para o registro da cachaça, mas o custo final não seria muito diferente, uma vez que a cachaça registrada possui um valor de mercado maior que a cachaça vendida sem registro.

#### **5.5. ORGANIZAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO**

Ao analisar a produção de cabeça e cauda pela associação durante os 200 dias, verificou-se que a produção da mistura seria de 241.920 litros.

A Tabela 24 apresenta o potencial de produção de cachaça com graduação de 45°GL e da mistura de cabeça e cauda com graduação de 33°GL, por associado.

Como visto em capítulo anterior a graduação da mistura de cabeça e cauda para as condições impostas de produção de cachaça de qualidade pela associação é entorno de 33°GL. Portanto a produção de álcool por safra para a associação é de 81.555 litros de etanol a 93°GL, ou, em média 223 litros por dia, durante todo o ano.

Tabela 24. Produção de cachaça e da mistura cabeça e cauda por associado

Produtor	Capacidade do Alambique (L)	Produção de Cachaça por safra (L)	Produção da mistura por safra (L)	Produção de álcool a 93°GL (L)
Produtor 1	1.000	46.200	33.600	11.326
Produtor 2	700	32.400	23.520	7.929
Produtor 3	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 4	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 5	500	23.200	16.800	5.664
Produtor 6	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 7	500	23.200	16.800	5.664
Produtor 8	700	32.400	23.520	7.929
Produtor 9	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 10	500	23.200	16.800	5.664
Produtor 11	500	23.200	16.800	5.664
Produtor 12	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 13	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 14	700	32.400	23.520	7.929
Produtor 15	300	14.000	10.080	3.398
<b>Volume total</b>		<b>334.200</b>	<b>241.920</b>	<b>81.555</b>

O preço da gasolina (3/9/2013) nos postos de Viçosa – MG estava em torno de R\$ 3,09, para se tornar viável o abastecimento com o etanol o valor deste deve ser 70% do valor da gasolina, ou seja, R\$ 2,16, mas o valor do etanol nas bombas dos postos é de R\$ 2,29. Caso a associação comercializasse o etanol entre os associados um valor justo poderia ser 55% do valor da gasolina, perfazendo-se um valor de R\$ 1,70, eles estariam economizando algo em torno de R\$ 0,59 por litro, considerando o preço do etanol a R\$ 2,29. O preço do etanol na Usina Coruripe (11/9/13) estava em R\$ 1,13, esta usina chega a produzir 500 milhões de litros por safra.

Como é permitida a comercialização do produto entre os associados, caso a associação quisesse comercializar todo o álcool combustível produzido, ela poderia convidar para o seu quadro, 5 associados taxistas, por exemplo. Cada taxista teria que adquirir uma cota mínima da associação para fazer parte da mesma.

## 5.6. PRODUÇÃO DE ÁLCOOL NA ASSOCIAÇÃO

Os custos para montar a associação com equipamentos para a produção de álcool combustível estão apresentados na Tabela 25, onde foi inserido um adicional de 10% para a aquisição de equipamentos como computadores, armários, mesas, cadeiras, tubulações, bombas centrifugas, entre outros. Portanto, os custos para a construção da associação (Tabela 25) foi orçado em R\$ 270.050,00. Como dito anteriormente, este valor foi pago em 8 anos e a taxa de depreciação dividida ao longo de 20 anos.

Tabela 25. Custos com equipamentos para a produção de álcool combustível de fazenda

Descrição	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Construção da estrutura da associação	1	150.000,00	150.000,00
Coluna de retificação de 1.200 L	1	12.000,00	12.000,00
Tanque de 1.500 L em inox	1	3.500,00	3.500,00
Tanque de inox de 10.000 litros	4	20.000,00	80.000,00
<b>Subtotal</b>			<b>245.500,00</b>
-----			
Outras: 10%		-	24.550,00
<b>Total</b>			<b>270.050,00</b>

Os custos com mão de obra se encontram na Tabela 26, sendo necessários dois funcionários, ficando na responsabilidade de um a parte do escritório e do outro a produção do álcool na coluna de destilação. Estes valores serão divididos por todos os associados de acordo com o volume de pré-destilado fornecido por cada membro. A divisão das cotas pode ser visualizada na Tabela 27.

Tabela 26. Custos para a produção de álcool

Descrição	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Mão-de-obra (2 funcionários)	24 meses	678,00	16.272,00
<b>Subtotal</b>			<b>16.272,00</b>
-----			
Encargos Sociais e Trabalhistas: 33,77%		-	5.495,05
<b>Total</b>			<b>21.767,05</b>

Tabela 27. Divisão das cotas referentes ao volume de pré-destilado

Produtor	Volume de cabeça e cauda (L)	Volume de álcool por safra (L)	Ocupação na coluna (%)
Produtor 1	168,0	11.326	14,00
Produtor 2	117,0	7.929	9,75
Produtor 3	51,0	3.398	4,25
Produtor 4	51,0	3.398	4,25
Produtor 5	84,0	5.664	7,00
Produtor 6	51,0	3.398	4,25
Produtor 7	84,0	5.664	7,00
Produtor 8	117,0	7.929	9,75
Produtor 9	51,0	3.398	4,25
Produtor 10	84,0	5.664	7,00
Produtor 11	84,0	5.664	7,00
Produtor 12	51,0	3.398	4,25
Produtor 13	51,0	3.398	4,25
Produtor 14	117,0	7.929	9,75
Produtor 15	51,0	3.398	4,25
<b>Total</b>		<b>81.555</b>	<b>100,00</b>

## 5.7. ANÁLISE ECONÔMICA

Para a análise econômica da produção de álcool combustível em sistema de associação foi criado um fluxo de caixa, para cada estudo de caso.

### 5.7.1. Estudo de caso 1

Para o produtor que possui o alambique com capacidade de 300 litros de caldo de cana, foi gerada a planilha de custos visualizada na Figura 25.

A partir da análise da planilha da Figura 25, foi possível computar o custo para a produção do litro da cachaça de boa qualidade, cujo valor foi de R\$ 2,73, para o primeiro ciclo de 6 anos. Por meio dos índices econômicos, verificou-se que a atividade é viável, pois para cada R\$ 1,00 investido, tem-se o retorno de R\$ 1,47.

Quando calculado o custo da produção da cachaça para o segundo ciclo de 6 anos, tem-se um valor de R\$ 1,82, com uma relação de benefício/custo igual a 2,75.

Fluxo de caixa (Estudo de Caso 1)						
	0	1	2	3	4	5
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>SAÍDAS (DESPESAS)</b>						
Total Geral das Saídas	R\$ 51.418,13	R\$ 27.537,22	R\$ 27.537,22	R\$ 29.208,97	R\$ 27.537,22	R\$ 27.537,22
Produção da cana	6.687,00			1.671,75		
Equipamentos	7.231,13	7.231,13	7.231,13	7.231,13	7.231,13	7.231,13
Depreciação dos equipamentos		2.892,45	2.892,45	2.892,45	2.892,45	2.892,45
Terra	37.500,00					
Mão de obra		14.511,37	14.511,37	14.511,37	14.511,37	14.511,37
Outras		2.902,27	2.902,27	2.902,27	2.902,27	2.902,27
<b>ENTRADAS (RECEITAS)</b>						
Total Geral das Entradas			R\$ 70.000,00	R\$ 70.000,00	R\$ 70.000,00	R\$ 70.000,00
Venda da cachaça			70.000,00	70.000,00	70.000,00	70.000,00
<b>FLUXO DE CAIXA</b>						
Fluxo de caixa Descontado	-R\$ 51.418,13	-R\$ 27.537,22	R\$ 42.462,78	R\$ 40.791,03	R\$ 42.462,78	R\$ 42.462,78
Saldo Acumulado	-51.418,13	-78.955,34	-36.492,56	4.298,47	46.761,25	89.224,03
Saldo Acumulado Descontado	-51.418,13	-77.396,63	-39.604,91	-5.355,97	28.278,53	60.009,19

Taxa de Juros (6%)

VPL (6%) projeto	R\$ 60.009,19
TIR (%)	28,37%
TRC	4,89 anos
Razão Benefício/Custo	1,47
RLT	R\$ 89.224,03

Figura 25 - Planilha para análise econômica.

A análise do custo de produção do álcool em associação (Figura 26), também foi feita utilizando a planilha. Para o levantamento destes custos, não foi considerado o valor de produção da cabeça e da cauda, uma vez que este resíduo deveria ser descartado. Considerou-se, ainda, uma venda no valor de R\$ 1,70 por litro, valor este bem abaixo do valor de mercado que é de R\$ 2,29.

A partir da análise pode-se concluir que a atividade é viável. Pode-se observar que para cada R\$ 1,00 investido, tem-se o retorno de R\$ 1,70, de um resíduo que antes deveria ser descartado, sendo que na maioria das propriedades é lançado em cursos d'água contaminando-os.

O valor presente líquido ao final do primeiro ciclo foi de R\$ 9.761,75, o que corresponde a, aproximadamente, R\$ 1.626,96 por ano, de uma fonte de renda proveniente de um produto que não tinha aproveitamento anterior na propriedade.

<b>Fluxo de caixa (Estudo de Caso 1)</b>						
	0	1	2	3	4	5
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>SAÍDAS (DESPESAS)</b>						
Total Geral das Saídas	1.434,64	3.118,62	3.118,62	3.118,62	3.118,62	3.118,62
Equipamentos	1.434,64	1.434,64	1.434,64	1.434,64	1.434,64	1.434,64
Depreciação dos equipamentos		573,86	573,86	573,86	573,86	573,86
Outras		185,02	185,02	185,02	185,02	185,02
Mão de obra		925,10	925,10	925,10	925,10	925,10
<b>ENTRADAS (RECEITAS)</b>						
Total Geral das Entradas	0,00	5.776,60	5.776,60	5.776,60	5.776,60	5.776,60
Venda do álcool		5.776,60	5.776,60	5.776,60	5.776,60	5.776,60
<b>FLUXO DE CAIXA</b>						
Fluxo de caixa Descontado	-R\$ 1.434,64	R\$ 2.657,98	R\$ 2.657,98	R\$ 2.657,98	R\$ 2.657,98	R\$ 2.657,98
Saldo Acumulado	-1.434,64	1.223,34	3.881,33	6.539,31	9.197,29	11.855,28
Saldo Acumulado Descontado	-1.434,64	1.072,89	3.438,49	5.670,18	7.775,55	9.761,75
<b>Taxa de Juros (6%)</b>						

<b>VPL (6%) projeto</b>	<b>R\$ 9.761,75</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>184,27%</b>
<b>TRC</b>	<b>1,54 anos</b>
<b>Razão Benefício/Custo</b>	<b>1,70</b>
<b>RLT</b>	<b>R\$ 11.855,28</b>

Figura 26 - Análise econômica da produção de álcool.

O custo de produção de um litro de álcool para o primeiro ciclo de produção foi de R\$ 1,00, com uma relação benefício/custo de 1,70. Para o segundo ciclo de 6 anos este valor foi de R\$ 0,70, com uma relação benefício/custo de 2,43 (Figura 27).

<b>VPL (6%) projeto</b>	<b>R\$ 13.877,67</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>158,22%</b>
<b>TRC</b>	<b>1,76 anos</b>
<b>Razão Benefício/Custo</b>	<b>2,43</b>
<b>RLT</b>	<b>R\$ 17.019,96</b>

Figura 27 - Análise econômica de produção do álcool para o segundo ciclo.

A capacidade de produção deste associado é de 3.398 litros de álcool. Caso ele fosse comprar este combustível no posto pagaria o valor de R\$ 7.781,42 por ano. Na associação ele adquire o combustível por R\$ 3.398,00, uma vez que o custo de produção foi de R\$ 1,00 por litro, logo economizaria R\$ 4.383,42, se ele consumisse todo o álcool.

A produção em associação é muito interessante, pois se este produtor quisesse produzir o álcool por conta própria ele teria um período grande de ociosidade dos equipamentos de produção do álcool, pois a produção de

cabeça e cauda é pequena. Em a associação, ele possuiria toda estrutura necessária, ficando o produtor responsável apenas por levar a cabeça e a cauda até o local de retificação.

### 5.7.2. Estudo de caso 2

Para o produtor que possui o alambique com capacidade de 500 litros de caldo de cana, foi gerada a planilha de custos visualizada na Figura 28.

Fluxo de caixa (Estudo de Caso 2)						
	0	1	2	3	4	5
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>SAÍDAS (DESPESAS)</b>						
<b>Total Geral das Saídas</b>	R\$ 79.887,88	R\$ 31.213,97	R\$ 32.885,72	R\$ 31.213,97	R\$ 32.885,72	R\$ 31.213,97
Produção da cana	10.030,50		1.671,75		1.671,75	
Equipamentos	9.857,38	9.857,38	9.857,38	9.857,38	9.857,38	9.857,38
Depreciação dos equipamentos		3.942,95	3.942,95	3.942,95	3.942,95	3.942,95
Terra	60.000,00					
Mão de obra		14.511,37	14.511,37	14.511,37	14.511,37	14.511,37
Outras		2.902,27	2.902,27	2.902,27	2.902,27	2.902,27
<b>ENTRADAS (RECEITAS)</b>						
<b>Total Geral das Entradas</b>			R\$ 116.000,00	R\$ 116.000,00	R\$ 116.000,00	R\$ 116.000,00
Venda da cachaça			116.000,00	116.000,00	116.000,00	116.000,00
<b>FLUXO DE CAIXA</b>						
<b>Fluxo de caixa Descontado</b>	-R\$ 79.887,88	-R\$ 31.213,97	R\$ 83.114,28	R\$ 84.786,03	R\$ 83.114,28	R\$ 84.786,03
<b>Saldo Acumulado</b>	-79.887,88	-111.101,84	-27.987,56	56.798,47	139.912,75	224.698,78
<b>Saldo Acumulado Descontado</b>	-79.887,88	-109.335,02	-35.363,60	35.824,39	101.658,68	165.015,74

Taxa de Juros (6%)

VPL (6%) projeto	R\$ 165.015,74
TIR (%)	43,97%
TRC	4,33 anos
Razão Benefício/Custo	1,94
RLT	R\$ 224.698,78

Figura 28 - Planilha para análise econômica.

A partir da análise da planilha da Figura 28, foi possível computar o custo para a produção de um litro da cachaça de boa qualidade, cujo valor foi de R\$ 2,06, para o primeiro ciclo de 6 anos. Por meio dos índices econômicos verificou-se que a atividade é viável, pois a relação benefício/custo mostrou que para cada R\$1,00 investido, tem-se o retorno de R\$ 1,94.

Quando calculado o custo da produção da cachaça para o segundo ciclo de 6 anos, tem-se um valor de R\$ 1,24.

A análise do custo de produção do álcool em associação (Figura 29), também foi feita utilizando a planilha. Para o levantamento destes custos, não foi considerado o valor de produção da cabeça e cauda, uma vez que este resíduo deveria ser descartado. Considerou-se ainda uma venda no valor de R\$ 1,70 por litro, valor este bem abaixo do valor de mercado que é de R\$ 2,29.

Fluxo de caixa (Estudo de Caso 2)							
	0	1	2	3	4	5	
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	
<b>SAÍDAS (DESPESAS)</b>							
Total Geral das Saídas	2.362,94	5.136,54	5.136,54	5.136,54	5.136,54	5.136,54	5.136,54
Equipamentos	2.362,94	2.362,94	2.362,94	2.362,94	2.362,94	2.362,94	2.362,94
Depreciação dos equipamentos		945,18	945,18	945,18	945,18	945,18	945,18
Outras		304,74	304,74	304,74	304,74	304,74	304,74
Mão de obra		1.523,69	1.523,69	1.523,69	1.523,69	1.523,69	1.523,69
<b>ENTRADAS (RECEITAS)</b>							
Total Geral das Entradas	0,00	9.628,80	9.628,80	9.628,80	9.628,80	9.628,80	9.628,80
Venda do álcool		9.628,80	9.628,80	9.628,80	9.628,80	9.628,80	9.628,80
<b>FLUXO DE CAIXA</b>							
Fluxo de caixa Descontado	-R\$ 2.362,94	R\$ 4.237,98	R\$ 3.998,09	R\$ 3.771,78	R\$ 3.558,29	R\$ 3.356,87	R\$ 3.162,94
Saldo Acumulado	-2.362,94	2.129,32	6.621,57	11.113,83	15.606,08	20.098,34	24.560,08
Saldo Acumulado Descontado	-2.362,94	1.875,04	5.873,13	9.644,91	13.203,20	16.560,08	20.098,34
<b>Taxa de Juros (6%)</b>							
<b>VPL (6%) projeto</b>		<b>R\$</b>		<b>16.560,08</b>			
<b>TIR (%)</b>				<b>189,17%</b>			
<b>TRC</b>				<b>1,53 anos</b>			
<b>Razão Benefício/Custo</b>				<b>1,72</b>			
<b>RLT</b>		<b>R\$</b>		<b>20.098,34</b>			

Figura 29 - Análise econômica da produção de álcool.

A partir da análise da planilha da Figura 29, pode-se concluir que a atividade é viável logo para o primeiro ciclo de produção. Observou-se que para cada R\$ 1,00 investido, tem-se o retorno de R\$ 1,72, com um tempo de retorno do capital de 1,53 anos.

O valor presente líquido ao final do ciclo foi de R\$16.560,08, ou R\$ 2.760,01 por ano.

O custo de produção de um litro de álcool para o primeiro ciclo de produção foi de R\$ 0,99, já para o segundo ciclo de 6 anos este valor foi de R\$ 0,69, com uma relação benefício/custo de 2,46 (Figura 30).

VPL (6%) projeto	R\$	23.339,24
TIR (%)		161,42%
TRC		1,74 anos
Razão Benefício/Custo		2,46
RLT	R\$	28.604,88

Figura 30 - Análise econômica de produção do álcool para o segundo ciclo.

A capacidade de produção deste associado é de 5.664 litros de álcool. Caso fosse comprar este combustível no posto de venda pagaria o valor de R\$ 12.970,56 por ano. Na associação ele adquire o combustível por R\$ 5.607,36, uma vez que o custo de produção foi de R\$ 0,99, logo economizaria R\$ 7.363,20, se ele consumisse todo o álcool.

### 5.7.3. Estudo de caso 3

Para o produtor que possui o alambique com capacidade de 700 litros de caldo de cana, foi gerada a planilha de custos visualizada na Figura 31.

Analisando a planilha da Figura 31 foi possível computar o custo para a produção de um litro de cachaça de boa qualidade. Este valor foi de R\$ 2,10 para o primeiro ciclo de 6 anos e foi observado, por meio dos índices econômicos, que a atividade é viável. Para cada R\$ 1,00 investido, tem-se o retorno de R\$ 1,90.

Quando se calcula o custo da produção da cachaça para o segundo ciclo de 6 anos, tem-se um valor de R\$ 1,29.

A análise do custo de produção do álcool em associação (Figura 32), também foi feita utilizando a planilha. Para o levantamento destes custos, não foi considerado o valor de produção da cabeça e cauda, uma vez que este resíduo deveria ser descartado. Considerou-se ainda uma venda no valor de R\$ 1,70 por litro, valor este bem abaixo do valor de mercado que é de R\$ 2,29.

Fluxo de caixa (Estudo de Caso 3)						
	0	1	2	3	4	5
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
SAÍDAS (DESPESAS)						
<b>Total Geral das Saídas</b>	R\$ 111.194,00	R\$ 45.228,01	R\$ 45.228,01	R\$ 48.571,51	R\$ 45.228,01	R\$ 45.228,01
Produção da cana	15.045,75			3.343,50		
Equipamentos	13.648,25	13.648,25	13.648,25	13.648,25	13.648,25	13.648,25
Depreciação dos equipamentos		5.459,30	5.459,30	5.459,30	5.459,30	5.459,30
Terra	82.500,00					
Mão de obra		21.767,05	21.767,05	21.767,05	21.767,05	21.767,05
Outras		4.353,41	4.353,41	4.353,41	4.353,41	4.353,41
ENTRADAS (RECEITAS)						
<b>Total Geral das Entradas</b>			R\$ 162.000,00	R\$ 162.000,00	R\$ 162.000,00	R\$ 162.000,00
Venda da cachaça			162.000,00	162.000,00	162.000,00	162.000,00
<b>FLUXO DE CAIXA</b>						
<b>FLUXO DE CAIXA</b>	-R\$ 111.194,00	-R\$ 45.228,01	R\$ 116.771,99	R\$ 113.428,49	R\$ 116.771,99	R\$ 116.771,99
Fluxo de caixa Descontado	-111.194,00	-42.667,93	103.926,66	95.236,75	92.494,35	87.258,82
Saldo Acumulado	-111.194,00	-156.422,01	-39.650,02	73.778,47	190.550,46	307.322,45
Saldo Acumulado Descontado	-111.194,00	-153.861,93	-49.935,28	45.301,47	137.795,82	225.054,65

Taxa de Juros (6%)

<b>VPL (6%) projeto</b>	R\$ 225.054,65
<b>TIR (%)</b>	43,18%
<b>TRC</b>	4,35 anos
<b>Razão Benefício/Custo</b>	1,90
<b>RLT</b>	R\$ 307.322,45

Figura 31 - Planilha para análise econômica.

Fluxo de caixa (Estudo de Caso 3)						
	0	1	2	3	4	5
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
SAÍDAS (DESPESAS)						
<b>Total Geral das Saídas</b>	4.607,73	7.154,47	7.154,47	7.154,47	7.154,47	7.154,47
Equipamentos	3.291,23	3.291,23	3.291,23	3.291,23	3.291,23	3.291,23
Depreciação dos equipamentos	1.316,49	1.316,49	1.316,49	1.316,49	1.316,49	1.316,49
Outras		424,46	424,46	424,46	424,46	424,46
Mão de obra		2.122,29	2.122,29	2.122,29	2.122,29	2.122,29
ENTRADAS (RECEITAS)						
<b>Total Geral das Entradas</b>	0,00	13.479,30	13.479,30	13.479,30	13.479,30	13.479,30
Venda do álcool		13.479,30	13.479,30	13.479,30	13.479,30	13.479,30
<b>FLUXO DE CAIXA</b>						
<b>FLUXO DE CAIXA</b>	-R\$ 4.607,73	R\$ 6.324,83	R\$ 6.324,83	R\$ 6.324,83	R\$ 6.324,83	R\$ 6.324,83
Fluxo de caixa Descontado	-4.607,73	5.966,82	5.629,07	5.310,45	5.009,86	4.726,28
Saldo Acumulado	-4.607,73	1.717,10	8.041,93	14.366,75	20.691,58	27.016,41
Saldo Acumulado Descontado	-4.607,73	1.359,09	6.988,16	12.298,61	17.308,47	22.034,74

Taxa de Juros (6%)

<b>VPL (6%) projeto</b>	R\$ 22.034,74
<b>TIR (%)</b>	135,37%
<b>TRC</b>	1,73 anos
<b>Razão Benefício/Custo</b>	1,67
<b>RLT</b>	R\$ 27.016,41

Figura 32 - Análise econômica da produção de álcool.

A partir da análise da planilha da Figura 31 pode-se concluir que a atividade é viável. Observou-se que para cada R\$ 1,00 investido, tem-se o retorno de R\$ 1,67 e um tempo de retorno do capital de 1,73 anos.

O valor presente líquido é de R\$ 22.034,74, ou R\$ 3.672,46 por ano, de renda proveniente de um produto que não tinha aproveitamento anterior na propriedade.

O custo de produção de um litro de álcool para o primeiro ciclo de produção foi de R\$ 1,02, já para o segundo ciclo de 6 anos este valor foi de R\$ 0,69, com uma relação benefício/custo de 2,48 (Figura 33).

VPL (6%) projeto	R\$ 32.793,71
TIR (%)	162,78%
TRC	1,73 anos
Razão Benefício/Custo	2,48
RLT	R\$ 40.181,38

Figura 33 - Análise econômica de produção do álcool para o segundo ciclo.

A capacidade de produção deste associado é de 7.929 litros de álcool. Caso fosse comprar este combustível no posto pagaria o valor de R\$ 18.157,41 por ano. Na associação ele adquire o combustível por R\$ 8.087,58 uma vez que o custo de produção foi de R\$ 1,02, logo economizaria R\$ 10.069,83, se ele consumisse todo o álcool.

Outro fator favorável à produção do álcool em associação é a sua comercialização. A organização em associação gera um volume suficiente para que distribuidoras comprem o álcool produzido, enquanto a produção isolada, em pequenas propriedades, dificilmente consegue atingir este volume.

#### 5.7.4. Estudo de caso 4

Para o produtor que possui o alambique com capacidade de 1.000 litros de caldo de cana, foi gerada a planilha de custos visualizada na Figura 34.

A partir da análise da planilha da Figura 34, foi possível computar o custo para a produção de um litro da cachaça de boa qualidade, cujo valor foi de

R\$ 1,77, para o primeiro ciclo de 6 anos. Foi observado através dos índices econômicos que a atividade é viável, para cada R\$ 1,00 investido, tem-se o retorno de R\$ 2,26.

Fluxo de caixa (Estudo de Caso 4)						
	0	1	2	3	4	5
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>SAÍDAS (DESPESAS)</b>						
<b>Total Geral das Saídas</b>	R\$ 150.183,00	R\$ 50.791,26	R\$ 54.134,76	R\$ 50.791,26	R\$ 52.463,01	R\$ 50.791,26
Produção da cana	20.061,00		3.343,50		1.671,75	
Equipamentos	17.622,00	17.622,00	17.622,00	17.622,00	17.622,00	17.622,00
Depreciação dos equipamentos		7.048,80	7.048,80	7.048,80	7.048,80	7.048,80
Terra	112.500,00					
Mão de obra		21.767,05	21.767,05	21.767,05	21.767,05	21.767,05
Outras		4.353,41	4.353,41	4.353,41	4.353,41	4.353,41
<b>ENTRADAS (RECEITAS)</b>						
<b>Total Geral das Entradas</b>			R\$ 231.000,00	R\$ 231.000,00	R\$ 231.000,00	R\$ 231.000,00
Venda da cachaça			231.000,00	231.000,00	231.000,00	231.000,00
<b>FLUXO DE CAIXA</b>						
<b>Fluxo de caixa Descontado</b>	-R\$ 150.183,00	-R\$ 50.791,26	R\$ 176.865,24	R\$ 180.208,74	R\$ 178.536,99	R\$ 180.208,74
Saldo Acumulado	-150.183,00	-200.974,26	-24.109,02	156.099,72	334.636,71	514.845,45
Saldo Acumulado Descontado	-150.183,00	-198.099,28	-40.689,85	110.616,88	252.034,90	386.697,36

Taxa de Juros (6%)

<b>VPL (6%) projeto</b>	R\$ 386.697,36
<b>TIR (%)</b>	51,98%
<b>TRC</b>	2,13 anos
<b>Razão Benefício/Custo</b>	2,26
<b>RLT</b>	R\$ 514.845,45

Figura 34 - Planilha para análise econômica.

Quando calculamos o custo da produção da cachaça para o segundo ciclo de 6 anos, tem-se um valor de R\$ 1,01.

A análise do custo de produção do álcool em associação (Figura 35), também foi feita utilizando a planilha. Para o levantamento destes custos, não foi considerado o valor de produção da cabeça e cauda, uma vez que este resíduo deveria ser descartado. Considerou-se ainda uma venda no valor de R\$ 1,70 por litro, valor este bem abaixo do valor de mercado que é de R\$ 2,29.

A partir da análise dos dados da Figura 35 pode-se concluir que a atividade é viável, logo para o primeiro ciclo de produção, onde são computados gastos como compra de equipamentos, construção e viabilização do local da associação. Pode-se observar que para cada R\$ 1,00 investido, tem-se o retorno de R\$ 1,72, de um resíduo que antes deveria ser descartado,

sendo que na maioria das propriedades é lançado em cursos d'água contaminando-o.

O valor presente líquido é de R\$ 33.105,83, ou R\$ 5.517,64 de renda anual proveniente de um produto que não tinha aproveitamento anterior na propriedade.

Fluxo de caixa (Estudo de Caso 4)						
	0	1	2	3	4	5
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>SAÍDAS (DESPESAS)</b>						
<b>Total Geral das Saídas</b>	<b>4.725,88</b>	<b>10.273,09</b>	<b>10.273,09</b>	<b>10.273,09</b>	<b>10.273,09</b>	<b>10.273,09</b>
Equipamentos	4.725,88	4.725,88	4.725,88	4.725,88	4.725,88	4.725,88
Depreciação dos equipamentos		1.890,35	1.890,35	1.890,35	1.890,35	1.890,35
Outras		609,48	609,48	609,48	609,48	609,48
Mão de obra		3.047,39	3.047,39	3.047,39	3.047,39	3.047,39
<b>ENTRADAS (RECEITAS)</b>						
<b>Total Geral das Entradas</b>		<b>19.254,20</b>	<b>19.254,20</b>	<b>19.254,20</b>	<b>19.254,20</b>	<b>19.254,20</b>
Venda do álcool		19.254,20	19.254,20	19.254,20	19.254,20	19.254,20
<b>FLUXO DE CAIXA</b>	<b>-R\$ 4.725,88</b>	<b>R\$ 8.981,11</b>	<b>R\$ 8.981,11</b>	<b>R\$ 8.981,11</b>	<b>R\$ 8.981,11</b>	<b>R\$ 8.981,11</b>
Fluxo de caixa Descontado	-4.725,88	8.472,75	7.993,16	7.540,71	7.113,88	6.711,21
Saldo Acumulado	-4.725,88	4.255,24	13.236,35	22.217,46	31.198,57	40.179,68
Saldo Acumulado Descontado	-4.725,88	3.746,87	11.740,03	19.280,74	26.394,62	33.105,83

Taxa de Juros (6%)

<b>VPL (6%) projeto</b>	<b>R\$ 33.105,83</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>189,10%</b>
<b>TRC</b>	<b>1,53 anos</b>
<b>Razão Benefício/Custo</b>	<b>1,72</b>
<b>RLT</b>	<b>R\$ 40.179,68</b>

Figura 35 - Análise econômica da produção de álcool.

O custo de produção de um litro de álcool para o primeiro ciclo de produção foi de R\$ 0,99, já para o segundo ciclo de 6 anos este valor foi de R\$ 0,69, com uma relação benefício/custo de 2,46 (Figura 36).

A capacidade de produção deste associado é de 11.326 litros de álcool. Caso fosse comprar este combustível no posto pagaria o valor de R\$ 25.936,54 por ano. Na associação ele adquire o combustível por R\$ 11.212,74 uma vez que o custo de produção foi de R\$ 0,99, logo economizaria R\$ 14.723,80, se ele consumisse todo o álcool.

VPL (6%) projeto	R\$	46.664,20
TIR (%)		161,37%
TRC		1,74 anos
Razão Benefício/Custo		2,46
RLT	R\$	57.192,82

Figura 36 - Análise econômica de produção do álcool para o segundo ciclo.

A produção do etanol em associação é muito interessante e evita períodos de ociosidade caso o produtor optasse por produzir o álcool na própria fazenda. A produção de cabeça e cauda seria pequena, sendo ele responsável por produzir o álcool, enquanto na associação possui toda estrutura necessária, ficando o produtor responsável apenas por levar a cabeça e a cauda até o local.

A Figura 37 contém um resumo da produção de cachaça e álcool por safra de cada associado de acordo com o tamanho do alambique.

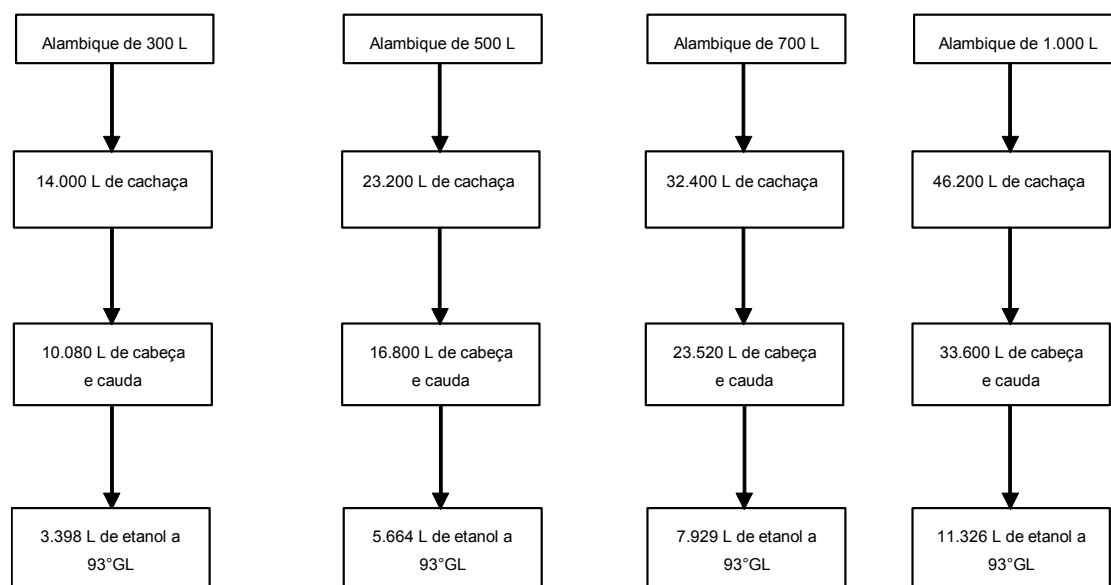


Figura 37 - Comparativo da produção de cachaça e etanol para diferentes tamanho de alambiques.

A partir dos resultados da análise econômica foi possível verificar que o tempo de retorno do capital e a relação benefício/custo foram próximos para todos os produtores, sendo a forma como foram organizadas as despesas da associação a mais justa para todos os associados.

A Tabela 28 contém o resumo da análise econômica da produção de cachaça para o primeiro e segundo ciclo dos custos de produção de cachaça e a Tabela 29 a análise econômica dos dois primeiros ciclos da produção do etanol. Com base nos resultados da análise econômica, é possível verificar que a produção da cachaça na fazenda e do álcool combustível em associação é uma atividade rentável e já obtendo resultados positivos no primeiro ciclo de produção.

Neste ponto, é importante salientar que o álcool combustível possui uma liquidez muito maior que a cachaça. A bebida é consumida em pequenas quantidades, enquanto o álcool combustível é consumido em alta escala. Portanto, a produção somente do álcool, pode ser uma alternativa adotada pelos produtores nos períodos em que a venda da cachaça estiver em baixa.

Tabela 28. Resumo da análise econômica para os dois primeiros ciclos de produção da cachaça

Alambique	Primeiro ciclo				Segundo ciclo			
	TIR	TRC	RBC	*CP	TIR	TRC	RBC	*CP
300 litros	28,37	4,89	1,47	2,73	263,42	1,40	2,75	1,82
500 litros	43,97	4,33	1,94	2,06	363,28	1,28	4,03	1,24
700 litros	43,18	4,35	1,90	2,10	350,20	1,29	3,87	1,29
1.000 litros	51,98	2,13	2,26	1,77	409,27	1,25	4,95	1,01

\*CP – Custo de produção

Tabela 29. Resumo da análise econômica para os dois primeiros ciclos de produção do etanol

Alambique	Primeiro ciclo				Segundo ciclo			
	TIR	TRC	RBC	*CP	TIR	TRC	RBC	*CP
300 litros	184,27	1,54	1,70	1,00	158,22	1,76	2,43	0,70
500 litros	189,17	1,53	1,72	0,99	161,42	1,74	2,46	0,69
700 litros	135,37	1,73	1,67	1,02	162,78	1,73	2,48	0,69
1.000 litros	189,10	1,53	1,72	0,99	161,37	1,74	2,46	0,69

\*CP – Custo de produção

A venda do álcool produzido na associação para as distribuidoras não seria uma atividade rentável, apesar do custo de produção ser abaixo do valor repassado pelas usinas que é de R\$ 1,12, como mencionado anteriormente. Apesar de não causar prejuízo, o custo de produção para o primeiro ciclo foi próximo a este valor, tornando inviável para os associados. Uma alternativa

seria a inclusão de 5 taxistas na associação, uma vez que valores maiores do que este extrapolaria o valor máximo da associação que é de 20 membros.

#### **5.7.5. Inclusão de taxistas**

Para o consumo do álcool foi analisado a viabilidade de inclusão de taxistas na associação.

Em uma pesquisa realizada com taxistas da região em estudo verificou-se que eles percorriam, em média, 160 km em um dia de serviço. Estes adquirem o combustível do posto pelo valor de R\$ 2,29, e o consumo médio dos automóveis foi de 8 km.L<sup>-1</sup>. Com base nos dados fornecidos por eles, verificou-se que necessitam de, aproximadamente, 20 litros de álcool por dia, ou 7.300 litros por ano.

A associação tem capacidade de produzir 81.555 litros, ou seja, aproximadamente 224 litros de álcool por dia. Os cinco taxistas necessitam de apenas 100 litros de álcool por dia. Uma alternativa seria a formação de uma cooperativa, com mais taxistas para consumir o álcool.

Para verificar se seria viável para os taxistas a sua participação, foi feito um fluxo de caixa (Figura 38), mostrando que para se associar ele deveria adquirir uma cota mínima da associação, cujo valor seria de um por cento. As despesas foram baseadas nas despesas dos associados, como aquisição dos equipamentos, depreciação, mão-de-obra e outros. O valor da entrada foi baseado na economia que ele teve com a compra do álcool direto da associação, com um valor de R\$ 0,59 por litro, uma vez que a associação comercializa o álcool entre eles no valor de R\$ 1,70 por litro.

Verificou-se que a relação benefício/custo foi de 5,37 e um tempo de retorno do capital de apenas 1,09 anos. O saldo anual descontado foi de R\$ 2.452,35, economizando a quantia de R\$ 204,36 por mês, aproximadamente 30% do salário mínimo. Com esta quantia economizada, ele consegue comprar 4 pneus aro 15, que estão na faixa de R\$ 290,00 cada e ainda lhe sobra uma quantia para eventuais reparos mecânicos.

Fluxo de caixa (Estudo de Caso 1)						
	0	1	2	3	4	5
Especificação	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
<b>SAÍDAS (DESPESAS)</b>						
Total Geral das Saídas	337,56	733,79	733,79	733,79	733,79	733,79
Equipamentos	337,56	337,56	337,56	337,56	337,56	337,56
Depreciação dos equipamentos		135,03	135,03	135,03	135,03	135,03
Outras		43,53	43,53	43,53	43,53	43,53
Mão de obra		217,67	217,67	217,67	217,67	217,67
<b>ENTRADAS (RECEITAS)</b>						
Total Geral das Entradas	0,00	4.307,00	4.307,00	4.307,00	4.307,00	4.307,00
Economia na compra do álcool		4.307,00	4.307,00	4.307,00	4.307,00	4.307,00
<b>FLUXO DE CAIXA</b>						
Fluxo de caixa Descontado	-R\$ 337,56	R\$ 3.370,95	R\$ 3.180,14	R\$ 3.000,13	R\$ 2.830,32	R\$ 2.670,11
Saldo Acumulado	-337,56	3.235,65	6.808,85	10.382,06	13.955,27	17.528,48
Saldo Acumulado Descontado	-337,56	3.033,39	6.213,53	9.213,66	12.043,98	14.714,09

Taxa de Juros (6%)

<b>VPL (6%) projeto</b>	<b>R\$ 14.714,09</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>1058,53%</b>
<b>TRC</b>	<b>1,09 anos</b>
<b>Razão Benefício/Custo</b>	<b>5,37</b>
<b>RLT</b>	<b>R\$ 17.528,48</b>

Figura 38 - Análise econômica da participação de taxistas na associação.

## 6. CONCLUSÕES

Para as situações aqui apresentadas, a produção de álcool em associação, a partir da cabeça e cauda da cachaça, mostrou-se viável e constitui uma excelente forma de aproveitamento de resíduos para a geração de renda.

Os custos de produção foram próximos para todos os associados, ou seja, a forma de distribuição das despesas da associação foi justa.

A participação de taxistas na associação é importante para o consumo do álcool produzido e interessante para todos os associados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSEMBLÉIA DE MINAS. Legislação Mineira. Lei nº 15456/2005. **Política de Incentivo às Microdestilarias de Alcool e Beneficiamento de Produtos derivados da Cana de Açúcar**. Belo Horizonte-MG. Disponível da WEB <http://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=LEI&num=15456&comp=&ano=2005>. Acesso em 7 de novembro de 2012.

FERNANDES, H. C. ENG 338 - Mecânica e Mecanização Agrícola: **Custo Operacional das Máquinas Agrícolas**. 2004. 9 p. Notas de Aula.

IBRAC – Instituto Brasileiro da Cachaça. **Mercado Interno**. Brasília – DF. Disponível da WEB [http://www.ibrac.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=46&Itemid=47](http://www.ibrac.net/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=47). Acesso em 4 de dezembro de 2012.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Instrução Normativa nº 20 de 25 de outubro de 2005**. Disponível da WEB [http://sijut.fazenda.gov.br/netacgi/nphbrs?s1=IN000000202005102501\\$.CHAT.%20E%20MAPA.ORG.A.&l=0&p=1&u=/netahtml/Pesquisa.htm&r=0&f=S&d=SIAT&SECT1=SIATW3](http://sijut.fazenda.gov.br/netacgi/nphbrs?s1=IN000000202005102501$.CHAT.%20E%20MAPA.ORG.A.&l=0&p=1&u=/netahtml/Pesquisa.htm&r=0&f=S&d=SIAT&SECT1=SIATW3). Acesso em 20 de junho de 2013.

Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 20 - Líquidos combustíveis e inflamáveis**. Disponível da WEB [http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF2CE145146B7/nr\\_20.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF2CE145146B7/nr_20.pdf). Acesso em 25 de junho de 2013.

MENDES, L.C. **“Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar.”** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa (Dissertação de mestrado), 2006.

OLIVEIRA, A. R., GAIO, L. E., JOÃO, I. S., BONACIM, C. A. G. **Análise da cadeia produtiva da cachaça em Minas Gerais sob a ótica da Economia dos Custos de Transação**. Custos e @gronegócios online. 2008, vol.4, n.3. ISSN 1808-2882.

Presidência da República. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Disponível da WEB [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/l10406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm). Acesso em 25 de junho de 2013.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cachaça Artesanal – Relatório completo**. SEBRAE/ESPM. Série Mercado, 2008. 152p.

SCHOLTES, F. **Status quo and prospects of smallholders in the Brazilian sugarcane and ethanol sector: Lessons for development and poverty reduction**. Center for Development Research. Department of Political and Cultural Change. Bonn, 2009.

Usina Coruripe. **Cotações – Etanol Hidratado**. Disponível da WEB <http://www.usinacoruripe.com.br/>. Acesso em 11 de setembro de 2013.

## **CAPÍTULO 3**

---

### **ASPECTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL EM ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES**

---

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de álcool combustível a partir da cana se torna cada vez mais rentável e competitiva, uma vez que todos os subprodutos do processo de produção podem ser aproveitados. A ponta da cana pode ser utilizada na alimentação do gado, o bagaço para produção de energia térmica para destilação ou, como acontece nas grandes usinas, partir do vapor gerado na caldeira produzir eletricidade.

Finalmente, a vinhaça, que pode ser utilizada como fonte de nutrientes no solo, principalmente potássio, alimento para o gado e produção de biogás para diversos usos na fazenda, gerando mais opções de economia e renda para os produtores de cachaça e álcool.

A vinhaça é um subproduto da produção de cachaça e álcool e apresenta grande potencial poluidor, devido sua elevada DBO. Antes tida como um problema para os produtores de cachaça e álcool que a lançavam sobre o solo e os cursos d'água sem nenhum manejo e impactando o meio ambiente, hoje, se convenientemente utilizada pode reverter-se em benefícios para a propriedade.

A partir de um manejo adequado a vinhaça pode ser utilizada na lavoura como fonte de nutrientes para as plantas, trazendo economia na compra de fertilizantes.

Estudos realizados sobre os efeitos da aplicação da vinhaça em canaviais, nos quais foi considerada a lixiviação de nutrientes e possibilidades de contaminação de águas subterrâneas, mostraram que a vinhaça trás benefícios para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como por exemplo, a elevação do pH, o aumento da capacidade de troca catiônica e a disponibilidade de certos nutrientes, melhoram de forma significativa a estrutura do solo, conseqüentemente a capacidade de retenção de água e de nutrientes, e favorece o desenvolvimento da microflora e microfauna do solo (BNDES, 2008).

Antes de aplicar a vinhaça, deve-se realizar uma análise do solo. A forma de disposição da vinhaça no solo deve ser analisada, além do tipo e características da cultura agrícola que irá receber o fertilizante, pois estes

parâmetros serão os indicadores das limitações de aplicação da vinhaça. O alto teor de nutrientes na vinhaça em especial o potássio, podem criar resultados indesejáveis se o solo possuir condições que não favorecem a sua aplicação, como por exemplo, a presença de águas subterrâneas em terrenos arenosos, proximidade de recursos hídricos de superfície entre outros.

Em análise das características químicas da vinhaça Nicochelli et al. (2012), encontrou valores de 3,6 para pH, 19.591 mg.L<sup>-1</sup> de DBO, 55.680 mg.L<sup>-1</sup> de DQO, 252 mg.L<sup>-1</sup> N amoniacal, 34,4 mg.L<sup>-1</sup> de P, 1.700 mg.L<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 140 mg.L<sup>-1</sup> de Ca e 110 mg.L<sup>-1</sup> de Mg. Já Siqueira (2008), chegou aos valores de 4,6 para pH, 49.000 mg.L<sup>-1</sup> de DQO, 762 mg.L<sup>-1</sup> N<sub>T</sub>, 64 mg.L<sup>-1</sup> de P, 2.827 mg.L<sup>-1</sup> de K<sub>T</sub>, 1.304 mg.L<sup>-1</sup> de Ca e 543 mg.L<sup>-1</sup> de Mg.

Quanto à adubação de culturas, existem diferentes formas de aplicação da vinhaça. A vinhaça pode ser aplicada diretamente aos campos, por meio de escoamento superficial, depósito em valas, mas a técnica mais promissora utilizada é a de fertirrigação. Esta técnica utiliza o sistema de irrigação como forma de deposição de nutrientes no solo. O uso da fertirrigação é considerado a melhor forma de disposição da vinhaça no solo, por permitir uma distribuição mais uniforme. Este fator é desejável para diminuir a poluição do solo, causado eventualmente por um excesso de aplicação, e aumentar a eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas.

O uso da vinhaça como fertilizante vem sendo estudado em diversas culturas. Bueno de Paula et al. (1999), estudou o uso da vinhaça no abacaxizeiro em solos de baixo potencial de produção e obteve efeito significativo da vinhaça como fonte de K, sobre a produção e peso médio dos frutos. Em seu estudo foram aplicados 400 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de vinhaça e o rendimento dos frutos tiveram um acréscimo em torno de 70% em relação à testemunha. Ela ainda concluiu que a vinhaça na dosagem adequada substitui o KCl como fonte de K para o abacaxizeiro, com aumento na produtividade dos frutos.

A Deliberação Normativa, número 164 de 30 de março de 2011 do COPAM, estabelece normas referentes ao armazenamento e aplicação de vinhaça no solo agrícola.

O uso da vinhaça como fertilizante traz benefícios econômicos aos agricultores, como a eliminação do custo de transporte da vinhaça para

estações de tratamento e redução do custo de compra de fertilizantes. Outro aspecto importante é a conservação do meio ambiente pela eliminação da disposição da vinhaça em corpos hídricos.

Embora não tenha nenhum valor nutricional para a alimentação de animais, a vinhaça também pode ser servida ao gado como fonte de alimento (ARRIGONI et al., 1994). Esta destinação é interessante por não agredir o meio ambiente.

De acordo com a Deliberação Normativa 74/2004, a produção de cachaça se encontra na listagem D (Atividades Industriais/Indústria Alimentícia), sendo enquadrada como D-02-02-1 - Fabricação de aguardente. O seu potencial poluidor/degradador é médio. Numa associação de produtores com capacidade de produção inferior a 800 litros de cachaça por dia, não há necessidade de licenciamento ambiental, apenas necessário uma Autorização Ambiental de Funcionamento.

Outro subproduto da produção do álcool é o restilo. O restilo ou água residuária da produção do álcool a partir da cabeça e cauda da cachaça é pouco estudado, suas características químicas não são facilmente encontradas em literaturas. Este estudo pretende caracterizar a vinhaça e a água residuária da produção de álcool combustível, bem como propor uma destinação final adequada, seguindo as normas da DN 164 do COPAM. A pesquisa foi realizada em uma propriedade rural na cidade de Cajuri e na área experimental do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa e simulada para o caso de uma associação de produtores.

## **2. OBJETIVO**

Caracterizar quimicamente a vinhaça e a água residuária da produção de álcool combustível (restilo) e determinar a quantidade a ser aplicada na lavoura.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi realizado em uma propriedade rural denominada de Sítio do Compadre na zona rural da cidade de Cajuri e no Departamento de

Engenharia Agrícola. Obteve-se o restilo proveniente da coluna de retificação. Os pré-distilados cabeça e cauda foram obtidos da destilação do vinho em um alambique de 1.000 litros, de onde também foi determinado o volume de vinhaça.

A associação de produtores de álcool pleiteada nesta dissertação receberá apenas a cabeça e a cauda provenientes da destilação da cachaça na propriedade de cada associado.

### **3.1. POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE VINHAÇA**

Após a fabricação da cachaça e da separação da cabeça e cauda na propriedade, mediu-se o volume de vinhaça na panela do alambique. A medida consistiu na utilização do método direto. Um recipiente graduado foi colocado no final da tubulação de drenagem da vinhaça da panela do alambique e o volume medido. Foram realizados cinco repetições, provenientes de cinco alambicadas.

A partir dos resultados encontrados, foi desenvolvida uma equação para simular a quantidade gerada por cada associado.

### **3.2. POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA**

Após a retificação da cabeça e da cauda, conforme descrito no capítulo 1 procedeu-se a medida da água residuária (restilo) contida na panela da coluna de retificação. Uma equação que estima produção de restilo por cada membro da associação foi determinada.

### **3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA VINHAÇA E DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA PRODUÇÃO DE ALCÓOL A PARTIR DA CABEÇA E CAUDA**

A vinhaça juntamente com a água residuária da produção de álcool combustível a partir da cabeça e cauda da produção de cachaça, foram analisadas no Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola e no Laboratório de Matéria Orgânica do Departamento de Solos, ambos da Universidade Federal de Viçosa, sendo analisados os seguintes parâmetros: pH, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO

(Demanda Química de Oxigênio), nitrogênio total, cálcio, potássio, magnésio, fósforo, cobre, ferro, zinco e manganês, todos segundo o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995).

### 3.4. ANÁLISE DO SOLO DA PROPRIEDADE

Para estimativa da quantidade de vinhaça a ser aplicado no solo, amostras de solos foram coletadas no Sítio do Compadre, onde hipoteticamente funcionaria a associação de produtores de álcool. Foram analisadas três amostras compostas, sendo que para gerar cada amostra composta, foram retiradas 20 amostras simples, coletadas em pontos aleatórios. As amostras simples foram retiradas na camada superficial do solo, em uma profundidade de até 20 cm, teve-se o cuidado de limpar a superfície do solo, retirando folhas e vegetação. Não foram retiradas amostras de locais próximos a residências, galpões, formigueiros.

A análise do solo foi realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, foram analisados os seguintes parâmetros químicos, pH, N<sub>T</sub>, P, K, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e H+Al.

### 3.5. APLICAÇÃO DA VINHAÇA E DO RESTILO EM SOLO AGRÍCOLA

Com os resultados da análise do restilo e da vinhaça, foi indicado um tipo de tratamento ao produtor, para aproveitamento deste material como biofertilizante Segundo Schultz et al. (2010), a aplicação de vinhaça complementada com adubação nitrogenada e a manutenção da palha no solo, melhoram as propriedades do solo e podem aumentar a produtividade da cana de açúcar.

Para o cálculo da quantidade de vinhaça que pode ser aplicada ao solo é necessário o cálculo da CTC potencial (capacidade de troca catiônica).

Para determinar a CTC transformou-se o potássio presente no solo de mg.dm<sup>-3</sup> para cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>. Esta transformação foi realizada utilizando a Equação 1.

$$\text{cmol}_c = \frac{\left( \frac{M_{\text{atômica}}}{V} \right)}{100} \quad (1)$$

em que:

- $\text{cmol}_c$  = Valor do  $\text{cmol}_c$ , (g);  
 $M_{\text{atômica}}$  = Massa atômico do elemento, (g);  
 $V$  = Número de valência do elemento.

Para o cálculo da CTC potencial a um pH igual a 7,0, ou seja, da capacidade de troca catiônica, foi utilizado a Equação 2.

$$\text{CTC}_{\text{pH}7} = K + \text{Ca} + \text{Mg} + (\text{H} + \text{Al}) \quad (2)$$

em que:

- $\text{CTC}_{\text{pH}7}$  = Capacidade de Troca Catiônica, ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ );  
 $K$  = Potássio ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ );  
 $\text{Ca}$  = Cálcio ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ );  
 $\text{Mg}$  = Magnésio ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ );  
 $(\text{H} + \text{Al})$  = Acidez potencial ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

O cálculo da quantidade de vinhaça a ser aplicada na lavoura de cana-de-açúcar foi realizado utilizando a Equação 3, apresentada pela Deliberação Normativa 164 do COPAM, que dita normas e critérios para a aplicação da vinhaça no solo.

$$D = \left( \frac{\text{CTC}_{\text{potencial}} \cdot 94}{\text{TK}} \right) + 185 \quad (3)$$

em que:

- $D$  = Dose de vinhaça, ( $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ );  
 $\text{CTC}_{\text{potencial}}$  = Capacidade de troca catiônica, obtida pela análise do solo; potencial do solo a pH 7, ( $\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ );  
 $94$  = Fator obtido considerando 5% da CTC potencial e uma profundidade de solo de 40 cm;  
 $185$  = Capacidade de extração da cana-de-açúcar ( $\text{K}_2\text{O}$ , em  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), obtido considerando uma produtividade média do corte de uma soca (cerca de  $80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) e uma extração média de  $\text{K}_2\text{O}$  de  $2,33 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$  de cana-de-açúcar;  
 $\text{TK}$  = Teor de  $\text{K}_2\text{O}$  da vinhaça ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE VINHAÇA

Os valores de produção de vinhaça podem ser vistos na Tabela 30.

Tabela 30. Produção de Vinhaça

Amostra	Capacidade do alambique (L)	Volume de vinhaça (L)
1	1.000	800
2	1.000	804
3	1.000	795
4	1.000	801
5	1.000	800
<b>Média</b>		<b>800</b>

O volume médio de vinhaça produzido foi de 800 litros de vinhaça para o alambique com capacidade de caldo fermentado para 1.000 litros. Com isto, pode-se estimar que o volume de caldo depositado no alambique será constituído de 80% de vinhaça, quando se produz cachaça e álcool. Desta forma pode se estimar que a produção de vinhaça para os demais associados será:

$$V_{\text{vinhaça}} = V_{\text{alambique}} \cdot 0,8 \quad (4)$$

em que:

$$V_{\text{vinhaça}} = \text{Volume de vinhaça gerado, (L);}$$

$$V_{\text{alambique}} = \text{Volume de caldo no alambique, (L).}$$

Em geral, produtores que não produzem álcool encontram valores para a quantidade de vinhaça um pouco superiores, pois a cauda não é retirada, fazendo com que o volume final seja superior.

A simulação da associação contou com 15 associados e o potencial de produção de vinhaça de cada associado pode ser visto na Tabela 31.

Tabela 31. Produção de vinhaça por associados

Produtor	Capacidade do Alambique (L)	Produção de vinhaça por batelada (L)	Produção de vinhaça por dia (L)	Produção de vinhaça por safra (L)
Produtor 1	1.000	800	1.600	320.000
Produtor 2	700	560	1.120	224.000
Produtor 3	300	240	480	96.000
Produtor 4	300	240	480	96.000
Produtor 5	500	400	800	160.000
Produtor 6	300	240	480	96.000
Produtor 7	500	400	800	160.000
Produtor 8	700	560	1.120	224.000
Produtor 9	300	240	480	96.000
Produtor 10	500	400	800	160.000
Produtor 11	500	400	800	160.000
Produtor 12	300	240	480	96.000
Produtor 13	300	240	480	96.000
Produtor 14	700	560	1.120	224.000
Produtor 15	300	240	480	96.000
<b>Volume total</b>		<b>5.760</b>	<b>11.520</b>	<b>2.304.000</b>

Considerou-se que cada associado é responsável pela destinação final da vinhaça produzida por ele, uma vez que a associação só recebe o pré-destilado cabeça e cauda. Pode ser visto pela Tabela 31 que o associado que produzir a maior quantidade de vinhaça por safra produzirá uma quantidade de, aproximadamente, 320 m<sup>3</sup> de vinhaça em uma área de 6 ha, de acordo com os coeficientes técnicos abordados anteriormente. Portanto, ele poderia dispor em torno de 53,3 m<sup>3</sup> de vinhaça por hectare a cada ano da safra, e o que produzir menor quantidade, aproximadamente 96 m<sup>3</sup>, o que demandará para este uma área de 1,85 ha, poderia dispor em torno de 52 m<sup>3</sup> de vinhaça por ha.

#### 4.2. POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA (RESTILO)

Parte da Tabela 32 abaixo foi retirada do Capítulo 1. Nela verifica-se a produção de cabeça e cauda da cachaça produzida pelo produtor e a soma de ambos em um alambique com capacidade para 1.000 litros de caldo.

Tabela 32. Frações de cabeça, cauda e da mistura

Amostra	Volume de Caldo (L)	Volume de cabeça a 60°GL (L)	Volume de cauda a 25°GL (L)	Volume de cabeça e cauda a 33°GL (L)
1	1.000	20,0	64	84
2	1.000	19,5	65	84,5
3	1.000	19,0	65,5	84,5
4	1.000	21	63	84
5	1.000	20,5	63	83,5

A média de volume produzido da mistura de cabeça e cauda foi de, aproximadamente, 84 litros a 33°GL. Este valor corresponde a 8,4% do volume de caldo fermentado adicionado ao alambique. Portanto, pode-se estimar a partir da Equação 5, o volume da mistura de cabeça e cauda.

$$V_{\text{mistura}} = V_{\text{alambique}} \cdot 0,084 \quad (5)$$

em que:

$V_{\text{mistura}}$  = Volume da mistura de cabeça e cauda, (L);

$V_{\text{alambique}}$  = Volume de caldo no alambique, (L).

A Tabela 33 contém a estimativa dos volumes produzidos de cabeça e cauda por associado e a quantidade total produzida, que é a soma dos dois destilados de cada associado.

Considerando-se a realização de duas alambicadas por dia, o volume total produzido de cabeça e cauda é de, aproximadamente, 1.200 litros. A partir de cálculos realizados em capítulos anteriores, para o volume de mistura (cabeça + cauda) com uma graduação de 33°GL, conclui-se que é possível produzir em torno de 426 litros de álcool a 93°GL, perfazendo-se um total de 774 litros de restilo do processo de produção do álcool por dia e um total de, aproximadamente, 155 m<sup>3</sup> por safra.

Com base nos resultados encontrados, foi possível definir a Equação 6, que pode ser utilizada para determinar a capacidade aproximada de produção do restilo de cada associado de acordo com a sua porcentagem de contribuição na panela da coluna e com as regras desta associação.

$$V_{\text{restilo}} = V_{\text{coluna}} \cdot C \cdot \left( 1 - \frac{GL_{\text{mistura}}}{GL_{\text{álcool}}} \right) \quad (6)$$

em que:

- $V_{\text{restilo}}$  = Volume do restilo gerado em cada batelada, (L);
- $V_{\text{coluna}}$  = Volume da panela da coluna de destilação, (L);
- C = Porcentagem de contribuição na coluna de cada associado, em fração;
- $GL_{\text{mistura}}$  = Graduação medida da mistura de cabeça e cauda, (°GL);
- $GL_{\text{álcool}}$  = Graduação medida do álcool, (°GL).

Tabela 33. Produção de pré-destilado a partir da produção da cachaça

Produtor	Capacidade do Alambique (L)	Volume de cabeça e cauda por batelada (L)	Volume de cabeça e cauda por dia (L)
Produtor 1	1.000	84,0	168,0
Produtor 2	700	58,8	117,6
Produtor 3	300	25,2	50,4
Produtor 4	300	25,2	50,4
Produtor 5	500	42,0	84,0
Produtor 6	300	25,2	50,4
Produtor 7	500	42,0	84,0
Produtor 8	700	58,8	117,6
Produtor 9	300	25,2	50,4
Produtor 10	500	42,0	84,0
Produtor 11	500	42,0	84,0
Produtor 12	300	25,2	50,4
Produtor 13	300	25,2	50,4
Produtor 14	700	58,8	117,6
Produtor 15	300	25,2	50,4

A partir da Equação 6 foi possível determinar a quantidade de restilo que seria produzido por cada associado. Estes valores estão apresentados na Tabela 34, sabendo que a panela da coluna tem capacidade para 1.200 litros e a graduação da mistura e do álcool são 33°GL e 93°GL, respectivamente.

Tabela 34. Volume de restilo de cada associado

Produtor	Ocupação da Coluna (%)	Volume de restilo por dia (L)	Volume de restilo por safra (L)
Produtor 1	14,00	108,0	21.600
Produtor 2	9,75	75,5	15.100
Produtor 3	4,25	33,0	6.600
Produtor 4	4,25	33,0	6.600
Produtor 5	7,00	54,0	10.800
Produtor 6	4,25	33,0	6.600
Produtor 7	7,00	54,0	10.800
Produtor 8	9,75	75,5	15.100
Produtor 9	4,25	33,0	6.600
Produtor 10	7,00	54,0	10.800
Produtor 11	7,00	54,0	10.800
Produtor 12	4,25	33,0	6.600
Produtor 13	4,25	33,0	6.600
Produtor 14	9,75	75,5	15.100
Produtor 15	4,25	33,0	6.600

#### 4.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA VINHAÇA E DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA PRODUÇÃO DE ALCÓOL A PARTIR DA CABEÇA E CAUDA

A vinhaça foi analisada e os resultados podem ser vistos na Tabela 35.

Tabela 35. Resultado da análise da vinhaça

Acidez		Composição da vinhaça (mg.L <sup>-1</sup> )									
pH	DBO	DQO	N	P	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
4,15	16.800	32.500	350	200	2.300	620	220	1,2	5	2	35

Com base nos resultados, verificou-se que os valores da quantidade dos componentes da vinhaça variam muito. Este fato pode ser constatado quando se compara os valores encontrados por Nicochelli et al. (2012), Siqueira (2008) e os encontrado neste trabalho, mas também foi verificado, que o potássio é o nutriente mais presente na vinhaça, sendo este o elemento limitante para a aplicação da vinhaça no solo.

A Tabela 36 apresenta os resultados encontrados da análise do restilo, resultante da produção do álcool.

Tabela 36. Resultado da análise do restilo

Acidez		Composição do restilo ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )									
pH	DBO	DQO	N	P	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
4,3	11.970	128.340	< 0,1	< 0,1	2,2	2,6	0,84	0,03	0,04	0,17	0,51

A água residuária, ou restilo, resultante da produção do álcool é pouco estudada. Por isso, é difícil encontrar em literaturas análises químicas para comparação com os valores obtidos neste estudo. Observa-se que esta água residuária é extremamente pobre em nutrientes, não tendo valor nutricional algum.

#### 4.4. APLICAÇÃO DA VINHAÇA E DO RESTILO NO SOLO

##### 4.4.1. Análise do solo da propriedade

O solo foi analisado e os resultados podem ser vistos na Tabela 37 abaixo.

Tabela 37. Análise de nitrogênio total (N<sub>T</sub>), fósforo (P) e potássio (K) presentes no solo

Amostra	pH	N <sub>T</sub>	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al
		( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ )		(cmol <sub>c</sub> ·dm <sup>-3</sup> )		
1	4,5	1,93	3,44	36	0,30	0,20	11,60
2	4,6	2,26	2,84	38	0,29	0,21	11,55
3	4,5	2,23	3,33	34	0,31	0,19	11,62

A partir da análise dos resultados verificou-se que a média do pH foi de 4,5, de N<sub>T</sub> 2,14  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , de P 3,20  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , de K 36  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , de Ca<sup>2+</sup> 0,30  $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$ , de Mg<sup>2+</sup> 0,20  $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$  e de (H + Al) 11,59  $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$ .

##### 4.4.2. Determinação da dose de aplicação em solo agrícola

Depois das devidas transformações, a dose a ser aplicada foi determinada como descrito a seguir.

$$D = \left( \frac{12,8 \times 94}{2,3} \right) + 185 = 708,13 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \quad (7)$$

Com base nos resultados verificou-se que é possível aplicar a quantia de até 708,13 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de vinhaça. Este valor é bem superior à quantidade de vinhaça gerada do associado que possui maior capacidade de produção de cachaça e álcool.

Para o alambique de 300 litros verificou-se uma produção de vinhaça de 96 m<sup>3</sup> por safra, para serem dispostos em 2 ha de canavial, ou seja, 48 m<sup>3</sup> por hectare.

Para o alambique de 500 litros o valor de vinhaça gerado por safra atinge um total de 160 m<sup>3</sup> podendo ser aplicados em uma área de 3 hectares, ou seja, 53,3 m<sup>3</sup> por hectare.

Para o alambique de 700 litros a produção de vinhaça atinge o valor de 224 m<sup>3</sup> por safra com área disponível de 4,4 hectares, perfazendo-se uma quantia de 50,9 m<sup>3</sup> por hectare.

Por fim, para o alambique de 1.000 litros, a geração de vinhaça atinge o valor de 320 m<sup>3</sup> por safra, com uma área de 6 hectares para serem dispostas, totalizando 53,3m<sup>3</sup> de vinhaça por hectare por safra.

Todos os valores encontrados foram muito abaixo do total permitido para a disposição final. Isto comprova que para o pequeno produtor a disposição final da vinhaça no solo não constituirá um problema ambiental, se for manejado da forma correta e, evidentemente, a análise do solo mostrar-se favorável.

A água residuária da produção do etanol a partir da cabeça e cauda da cachaça na associação apresentou um valor muito elevado no parâmetro DQO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). O valor da relação DQO/DBO foi de 10,7, ou seja, a fração não biodegradável foi considerada alta. Uma solução seria misturar esta água à vinhaça e aplicá-la ao solo, ou realizar um tratamento químico antes de lançá-la em cursos d'água. Esta água pode ser utilizada para a lavagem do galpão e dos equipamentos da associação, ou mesmo ser utilizada durante o processo de produção de etanol, nos trocadores de calor.

## 5. CONCLUSÕES

A vinhaça é rica em potássio e a água residuária da produção do álcool possui uma quantidade muito pequena de nutrientes.

A produção de vinhaça por pequenos produtores, dentro da escala de produção estudada, não constitui um problema ambiental para os produtores por ser possível sua utilização como fertilizante na propriedade e por ser a quantidade de vinhaça produzida bem menor que a capacidade de aplicação no solo.

Uma tonelada de cana produz aproximadamente 480 litros de vinhaça.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA.AWWA.WPCF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 15 ed. Washington, D.C.: American Public Health Association. American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1995, 1134p.

ARRIGONI, M. B., SILVEIRA, A. C., FURLAN, L. R., PARRÉ, C., COSTA, C. **Avaliação da vinhaça líquida em substituição à água na terminação de bovinos em confinamento**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 29, n. 1, p. 133-137, jan. 1994.

BNDES; CGEE. **Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável**. Coordenação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social e do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 1ª Edição, 2008. Disponível da WEB <http://www.bioetanoldecana.org/pt/download/bioetanol.pdf>. Acesso em 30 junho de 2013.

BUENO DE PAULA, M., HOLANDA, F. S. R., MESQUITA, H. A., CARVALHO, V. D. **Uso da Vinhaça no Abacaxizeiro em Solo de Baixo Potencial de Produção**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.34, n.7, p.1217-1222, jul. 1999.

DN - 74. **Deliberação Normativa COPAM nº 74**, de 9 de setembro de 2004. Disponível da WEB: <http://sisemanet.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>. Acesso em 26 de junho de 2013.

DN - 164. **Deliberação Normativa COPAM nº 164**, de 9 de setembro de 2004. Disponível da WEB: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=16794.pdf>. Acesso em 01 de outubro de 2013.

NICOCELLI, L. M., NASCENTES, R., LIMA, E. B. N. R., SOARES, F. S. C. **Sorção de potássio em amostras de solo submetidas à aplicação de vinhaça**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]. 2012, vol.16, n.7, pp. 754-760. ISSN 1415-4366.

SALOMON, K. R., LORA, E. E.S. **Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica para Diferentes Fontes de Biogás no Brasil**. Biomassa & Energia, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005 - Renabio

SCHULTZ, N., LIMA, E., PEREIRA, M. G., ZONTA, E. **Efeito residual da adubação na cana-planta e da adubação nitrogenada e potássica na cana-soca colhidas com e sem a queima da palhada**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2010, vol.34, n.3, pp. 811-820. ISSN 0100-0683.

SIQUEIRA, M. L. **Influência da taxa de carregamento orgânico na degradação anaeróbia da vinhaça em reator de leito fluidizado**. 2008. 151p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.