

# INFLUÊNCIA DE CONDIÇÕES DE CULTIVO DE BETERRABA NA QUALIDADE DO ETANOL OBTIDO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO DESTA FONTE DE CARBOIDRATO

Geisiane Cristina Soares\*

Éricka Lorena de Sales Souza e Melo\*\*

## RESUMO

O etanol surgiu como importante biocombustível no Brasil em decorrência da grave crise do petróleo na década de 1920. O processo produtivo envolve a fermentação de açúcares disponíveis em diferentes biomassas, tendo a beterraba surgido como alternativa em decorrência da grande concentração de sacarose. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das condições de cultivo de beterraba na qualidade do etanol obtido da fermentação desta fonte de carboidrato. Para isso, o plantio das mudas foi realizado em quatro canteiros, adubados com adubo verde, NPK, compostagem e terra vegetal. A colheita procedeu-se 95 dias após a semeadura. Após a colheita foi feita a análise comparativa das massas de beterraba. Em seguida ao processamento, fermentação e destilação fracionada a densidade do etanol e o teor alcoólico das amostras de cada canteiro foram analisados. A diferença entre os resultados com valor de  $p < 0,05$  foi considerada significativa. O canteiro 3, adubado com biofertilizante da compostagem, apresentou a maior massa de beterraba. Em relação à densidade, a amostra obtida do canteiro 2 apresentou menor densidade quando comparado aos outros canteiros (0,94 g/mL), fator importante na determinação do teor alcoólico (45,6%). As amostras pós-destilação não sofreram combustão. Os resultados observados demonstram a influência das condições de cultivo na qualidade da beterraba gerada. Além disso, a temperatura de ebulição foi um fator limitante do processo de destilação fracionada após a fermentação, o que pode ter influenciado no resultado final obtido em relação à densidade, teor alcoólico e combustão da amostra.

**Palavras-chave:** Biocombustível; Etanol; Beterraba; Fermentação.

## ABSTRACT

Ethanol emerged as an important biofuel in Brazil due to the severe oil crisis of the 1920s. The production process involves fermentation of sugars available in different biomasses, and sugar beet has emerged as an alternative due to high sucrose concentration. The objective of this work was to evaluate the influence of beet cultivation conditions on ethanol quality obtained from the fermentation of this carbohydrate source. For this, the seedlings were planted in four beds, fertilized with green manure, NPK, compost and vegetable soil. Harvesting was done 95 days after sowing. After harvesting, a comparative analysis of beet masses was performed. After processing, fermentation and fractional distillation, ethanol density and alcohol content of the samples were analyzed. Difference between the results with  $p$  value  $< 0.05$  was considered significant. Bed 3, fertilized with compost biofertilizer, presented the largest mass of sugar beet. In relation to density, sample obtained from bed 2 had lower density when compared to the other beds (0.94 g/mL), an important factor in determining alcohol content (45.6%). The post distillation samples did not burn. Observed results demonstrate the influence of cultivation conditions on the quality of beet generated. Moreover, the boiling temperature was a limiting factor of fractional distillation process after fermentation, which may have influenced the final result obtained in relation to density, alcohol content and combustion of the sample.

**Keywords:** Biofuels; Ethanol; Beet; Fermentation.

---

\* Discente do curso de Biotecnologia da Faculdade Ciências da Vida – FCV.

\*\* Docente da Faculdade Ciências da Vida – FCV.

## 1 INTRODUÇÃO

Recentemente, as biomassas lignocelulósicas ganharam crescente interesse em pesquisas devido à sua natureza renovável (AGHER *et al.*, 2013; OFORI- BOATEN LEE, 2013). As enormes quantidades destas biomassas podem ser potencialmente convertidas em diferentes produtos de alto valor, incluindo biocombustíveis (ASGHER *et al.*, 2013; QBAL *et al.*, 2013; IRHAD *et al.*, 2013; ISROI *et al.*, 2011).

O cultivo de beterraba açucareira, enquanto fonte de biomassa, não é importante apenas para a indústria açucareira, sendo também uma das principais culturas para a alimentação de bovinos (EVANS MESSERSCHMIDT, 2017) e para produção de bioetanol (ZABED *et al.*, 2014). Alguns fatores ambientais são determinantes no cultivo deste vegetal sendo que a exposição a estresse é responsável pela perda de produtividade. A temperatura ideal para a germinação das sementes é de 25°C, embora possa germinar em temperaturas que variam de 3°C a 25°C (VILLARÍAS MORADILLO, 1999). O estresse de baixa temperatura é uma causa importante da redução da qualidade e do rendimento das culturas, pois esse estresse leva à diminuição do acúmulo de açúcar e no crescimento das plantas (MOLITERNI *et al.*, 2015). A umidade no solo também influencia negativamente na qualidade destas raízes e no rendimento, sendo necessária uma vigilância maior no volume e frequência da irrigação no período de cultura (MARVELL *et al.*, 2007). Suas raízes geralmente não conseguem progredir bem em solos ácidos em decorrência dos altos índices de alumínio, o que os tornam tóxicos para a planta. Porém, a ausência de macronutrientes como o cálcio também afeta a expansão radicular (NATALE *et al.*, 2012).

Por ser considerada uma hortaliça rigorosa, necessita de uma adubação equilibrada, na qual os nutrientes atendam suas necessidades, propiciando nutrientes essenciais para sua manutenção e desenvolvimento, favorecendo seu crescimento e conseqüentemente proporcionando uma hortaliça de melhor qualidade, com alto teor de carboidrato. No entanto, a carência de nutrientes influenciará diretamente na qualidade da beterraba (SILVA, 2011).

Pensando no contexto de produção de bioetanol a partir de fontes de carboidrato como a beterraba, este trabalho se justifica tendo em vista que o planeta vem apresentando aumento significativo em sua população bem como a dependência por recursos energéticos. No entanto, a principal fonte combustível utilizada atualmente, o petróleo, tem provocado intensas alterações climáticas decorrentes de sua queima e emissão de gases estufa, além de ser um recurso esgotável. Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de desenvolver combustíveis alternativos, de fontes renováveis, menos poluentes, capazes de atender a demanda global.

O presente estudo trabalha na temática do cultivo de beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.), envolvendo uma análise experimental na qualidade do etanol proveniente desta fonte de carboidrato. Como questão norteadora foi indagada se a produção e qualidade do etanol obtido de beterraba seriam dependentes das condições nutritivas oferecidas a esta biomassa durante o cultivo. A hipótese levantada é a de que a natureza da adubação do solo estaria associada a variações na qualidade da beterraba gerada o que, conseqüentemente, interferiria no teor alcoólico do etanol produzido e em seu poder de queima.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência das condições de cultivo de beterraba na qualidade do etanol obtido da fermentação desta fonte de carboidrato. Dentre os objetivos específicos estão compreender a natureza da beterraba como importante fonte de carboidrato; investigar como as condições de cultivo, em especial, a disponibilidade de matéria orgânica, influenciam na qualidade da beterraba gerada; compreender o processo de produção do etanol oriundo da biomassa de beterraba bem como as tecnologias empregadas; comparar a qualidade do etanol obtido de diferentes amostras de beterraba.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O etanol de primeira geração é oriundo da fermentação de açúcares presentes em alguns vegetais como cana-de-açúcar, beterraba, entre outros (SANTOS *et al.*, 2013). Substância orgânica, nomeada também de álcool etílico, apresenta estrutura molecular  $C_2H_5OH$ , pertencente à família dos álcoois, com dependência ao grupo hidroxila (-OH), onde promove ligações intermoleculares (SANTOS *et al.*, 2013).

Considera-se a indústria sucroalcooleira uma das atividades mais importantes em relação à produção, formação de novos empregos e geração de futuros negócios na economia brasileira (SEBRAE, 2013; CHANDEL *et al.*, 2007). Este setor vem passando por inúmeras alterações em razão do crescimento do consumo de etanol impulsionado pela tecnologia *flexfuel*, tecnologia projetada para motores trabalharem com dois combustíveis, por exemplo, álcool ou gasolina, e também pela iniciativa do mercado internacional do etanol (ALBARELLI, 2013).

O Brasil apresenta inúmeros potenciais para estender sua produção em virtude das condições climáticas e planícies terras, que aprimoram a produção das matérias-primas destinadas na produção deste biocombustível (PINHEIRO, 2011).

A fermentação alcoólica é o mecanismo onde há transformação de glicose em álcool, com auxílio de leveduras ou até mesmo de enzimas. A obtenção de resultados adequados e convenientes na transformação destes açúcares em álcool demanda alguns aspectos como

conservação da temperatura ideal, acúmulo de açúcares totais e de sólidos solúveis, pH e acidez total e inclusão de nutrientes. Diante destes aspectos, a inoculação é feita acrescentando certa quantidade de leveduras ao processo. Estes microrganismos presentes nas dornas fermentáveis irão transmutar os açúcares em álcool, com liberação de gás carbônico (RIBEIRO *et al.* 1999).

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é um dos microrganismos mais requisitados em processos onde se busca fermentação por apresentar alta capacidade em converter a glicose em etanol, além de proporcionar maior rendimento e controle de manipulação, devido à sua resistência ao efeito tóxico do etanol (ROSSSELL, 2006).

A fermentação alcoólica pode ser separada em etapas diferentes, sendo que a mesma inicia pela fermentação preliminar, propiciando a proliferação das leveduras com ingestão dos açúcares, ascensão da temperatura, vagarosa produção de álcool e discreta dispensação de dióxido de carbônico (CO<sub>2</sub>). Porém, uma elevação gradual do álcool e diminuição da quantidade de gás carbônico fomenta a etapa da fermentação primordial com acentuada produção de etanol. Seu término só ocorre quando há liberação do CO<sub>2</sub>. Na sequência final há um resfriamento da temperatura da vinhaça, aumento da acidez e a exaustão dos contaminantes, originando o produto final. O controle deste processo necessita de alguns preceitos fundamentais como controle da temperatura, equilíbrio na proporção de açúcares residuais, período e eficácia da fermentação e o grau de açúcares ou sacarose presentes nos vegetais a serem fermentados (RIBEIRO *et al.*, 1999).

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma planta dicotiledônea pertencente à família Quenopodiaceae, originária do sul e leste Europeu e norte Asiático. Estes dois continentes buscam desenvolver culturas destinadas a produzir combustível via fermentação como o etanol (TIVEL, 2011). Sua propagação no Brasil aconteceu em resposta às migrações asiáticas e europeias que realizavam o cultivo exclusivo de beterraba hortaliça ou de mesa (NEELWARNE; HALAGUR, 2013).

Atualmente, existem três biotipos de beterraba: a açucareira, forragem e hortaliça (FILGUEIRA, 2008). A beterraba açucareira é composta por raízes de coloração branca característica, com altos teores de sacarose, cultivadas em maior proporção na Europa; a beterraba de forragem, da qual as folhas e raízes são direcionadas para alimentação animal; e a beterraba hortaliça ou de mesa destinada para consumo humano (COSTA; SILVA; NASCIMENTO, 2017). A beterraba é dotada por parte aérea como talos e folhas, sendo as folhas ricas em vitaminas A e do complexo B e sais minerais, e uma parte subterrânea, a qual

possui diversos formatos e cores. No Brasil, a beterraba mais comercializada é a de polpa vermelha com formato elíptico achatado (TIVELI, 2011).

A parte comestível da beterraba é constituída pelo intumescimento do hipocótilo (caule que fica na parte inferior dos cotilédones), a tuberculosa e púrpura. A morfologia é esférica e sua expansão se dá na parte externa. Composta por sistema radicular tipo pivotante, pode alcançar em torno de 60 a 70 centímetros de profundidade no solo. Ramificações laterais são raras, responsáveis por absorver nutrientes necessários para seu crescimento e promover sustentação estrutural (TIVELI *et al.*, 2011).

É considerada uma hortaliça bienal, necessitando passar por temperaturas baixas para instigar a etapa reprodutiva de seu ciclo biológico. Posterior à etapa vegetativa, se inicia o surgimento de folhagens, caule e tubérculos (SOUZA *et al.*, 2003). A coloração típica das beterrabas é basicamente decorrente de pigmentos naturais como as betalaínas, subdivididas em betaxantina e betacianina, que condicionam a coloração amarelada e avermelhada respectivamente, além de fornecer substâncias antioxidantes e serem utilizadas na indústria alimentícia (STINTZING e CARLE, 2004; MORETII, 2007).

As beterrabas apresentam auge de crescimento em temperatura média de 20°C (MAROUELLI *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2007). Na semeadura direta seu ciclo reprodutivo ocorre geralmente entre 50 a 60 dias, com raízes de porte relativamente médio (FILGUEIRA, 2007). Há preferência por solos na faixa de pH 6,0 a 6,8, com características úmidas, argilosas, consistência solta a quebradiça, abundantes em matéria orgânica (FILGUEIRA, 1982; MARQUELLI *et al.*, 2007).

A matéria orgânica no solo viabiliza nutrientes indispensáveis no progresso e na manutenção da hortaliça, disponibilizando macronutrientes como fósforo (P), nitrogênio (N) e enxofre (S). Em vista disso, a quantidade disponível destes minerais no solo influenciará no crescimento do vegetal e conseqüentemente na qualidade do produto final. Em contrapartida, a carência também influenciará na peculiaridade deste produto, sendo necessária, em alguns casos, a utilização da técnica de adubação (SILVA, 2011).

A adubação verde consiste na técnica agrícola que usa a reciclagem de nutrientes do solo através do plantio de espécies vegetais específicas pertencentes à família das *leguminosas* ou *gramíneas*. Tem por objetivo tornar o solo mais fértil, além de recuperar solos degradados, melhorar solos pobres e conservar os que já são produtivos. A adubação utilizando NPK contém os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), que em quantidades adequadas garantem o crescimento de forma saudável das plantas. Trata-se de

uma adubação de cobertura, proporcionando qualidade e resistência das plantações (IBF, 2019).

A compostagem consiste na transformação de resíduos vegetal e/ou animal em adubo orgânico, podendo ser aplicado como substrato para plantas, adubo orgânico em solos agrícolas, hortas e jardins, ajudando na devolução de macro e micronutrientes a terra (IBF, 2019).

A terra vegetal é aquela comum, misturada a restos de folhas, caules e gravetos já estabilizados, fazendo com que a terra fique mais escura, e com melhores características que a terra comum. Isso faz com que a mesma ofereça nutrientes de forma complementar para as plantas (IBF, 2019).

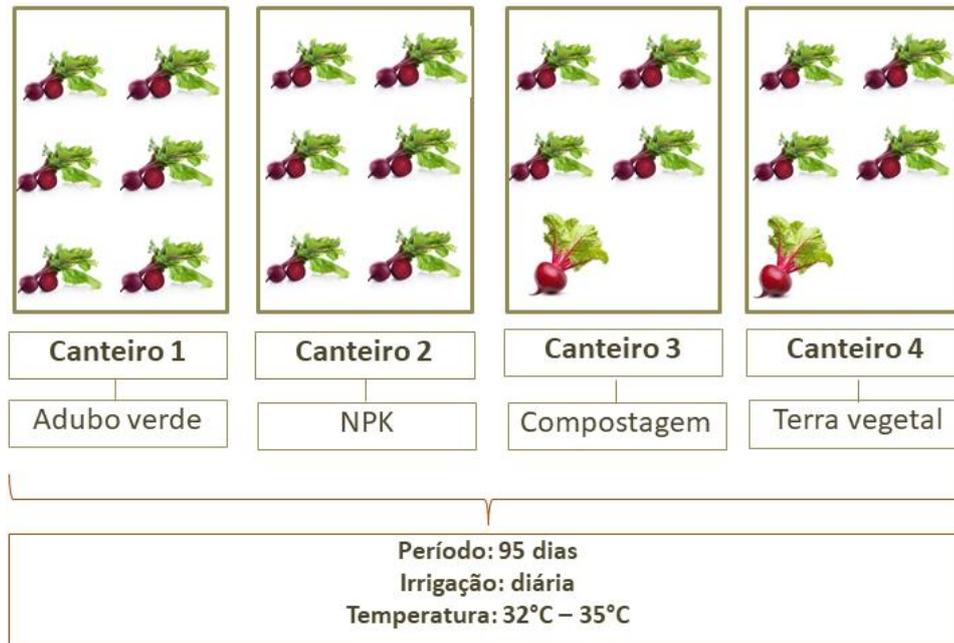
### **3 METODOLOGIA**

Trata-se de pesquisa qualitativa de cunho experimental realizada nas dependências dos Laboratórios de Química da Faculdade Ciências da Vida. As amostras de beterraba foram cultivadas em meio controlado no Espaço Plantare - Programa de Pesquisa e Extensão Horta da Faculdade Ciências da Vida. Antes do plantio foi realizada a análise de uma amostra do solo no Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) para verificação do pH do solo e concentrações dos principais macronutrientes (ANEXO 1).

#### **3.1 PLANTIO**

O plantio foi realizado em canteiros demarcados, previamente limpos, tendo sido a terra revirada vagarosamente e molhada manualmente. As mudas de beterraba foram cedidas pela Faculdade Ciências da Vida e sua disposição nos canteiros foi aleatória, supervisionada e orientada pelas coordenadoras do Projeto de Extensão Horta.

O plantio das mudas foi realizado a 3 cm de profundidade, respeitando-se um palmo de mão entre as mudas. O canteiro 1 recebeu adubação verde, com um total de 12 mudas plantadas, sendo esta adubação na superfície do canteiro. O canteiro 2 recebeu o fertilizante NPK, com um total de 12 mudas plantadas, sendo este composto acrescentado e misturado ao solo. O canteiro 3 recebeu o biofertilizante resultante da compostagem, cedido pela Faculdade Ciências da Vida do Projeto de Extensão Compostagem, tendo sido plantadas 9 mudas. O canteiro 4 recebeu apenas terra vegetal, sendo plantadas 9 mudas. O período entre o plantio e a colheita compreendeu 95 dias, sendo a irrigação realizada diariamente por método manual. A temperatura média durante o período de crescimento do vegetal variou entre 32°C a 35°C (Figura 1).



**FIGURA 1** – Delineamento experimental do plantio.

**Fonte:** Autora, 2019.

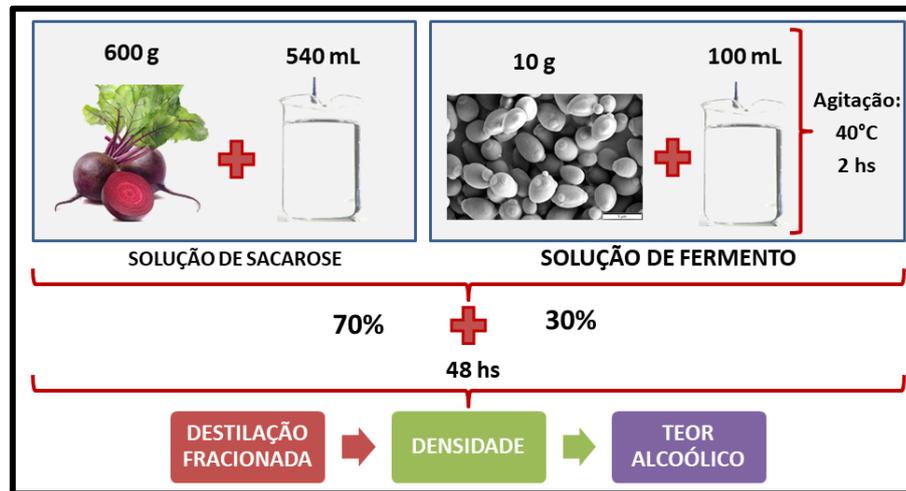
### 3.2 COLHEITA

A colheita ocorreu 95 dias após a semeadura, tendo sido todas as amostras de beterraba colhidas e colocadas em saco de papel pardo de 3 quilos devidamente identificados em função do canteiro ao qual pertenciam. Após a colheita das beterrabas, todos os tubérculos foram pesados individualmente em balança semi-analítica. Após a pesagem, todas as amostras foram lavadas em água corrente para limpeza, sendo cortadas em cubos e pesadas novamente para processamento e início do processo de fermentação.

### 3.3 PROCESSAMENTO, FERMENTAÇÃO DA BETERRABA E OBTENÇÃO DO ETANOL

Após o processamento das beterrabas, 600 gramas de amostra de cada canteiro foram adicionados em 540 mL de água para processamento em liquidificador e obtenção da solução de sacarose a ser fermentada. Como fermento foi utilizada a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (10 g), ativada em 100 mL de água a 40°C por 2 horas. Em seguida, foram misturadas 30% da solução do fermento ativado em 70% da solução de sacarose para o processo de fermentação. A mistura foi acondicionada em garrafas PET de 500 mL, ficando a temperatura ambiente por 48 horas. As amostras passaram então por destilação fracionada para a separação do etanol, que evapora a uma temperatura média de 78°C. Após 1 h e 30

minutos após o início da destilação, o líquido obtido foi submetido à análise de densidade pela massa de líquido e volume do recipiente (proveta de 100 mL) (Figura 2). Com base na densidade, foi analisado o teor alcoólico por meio de análise comparativa na tabela em anexo (ANEXO 2), considerando a densidade do etanol 0,789 g/mL.



**FIGURA 2** – Delineamento experimental pós-colheita.

**Fonte:** Autora, 2019.

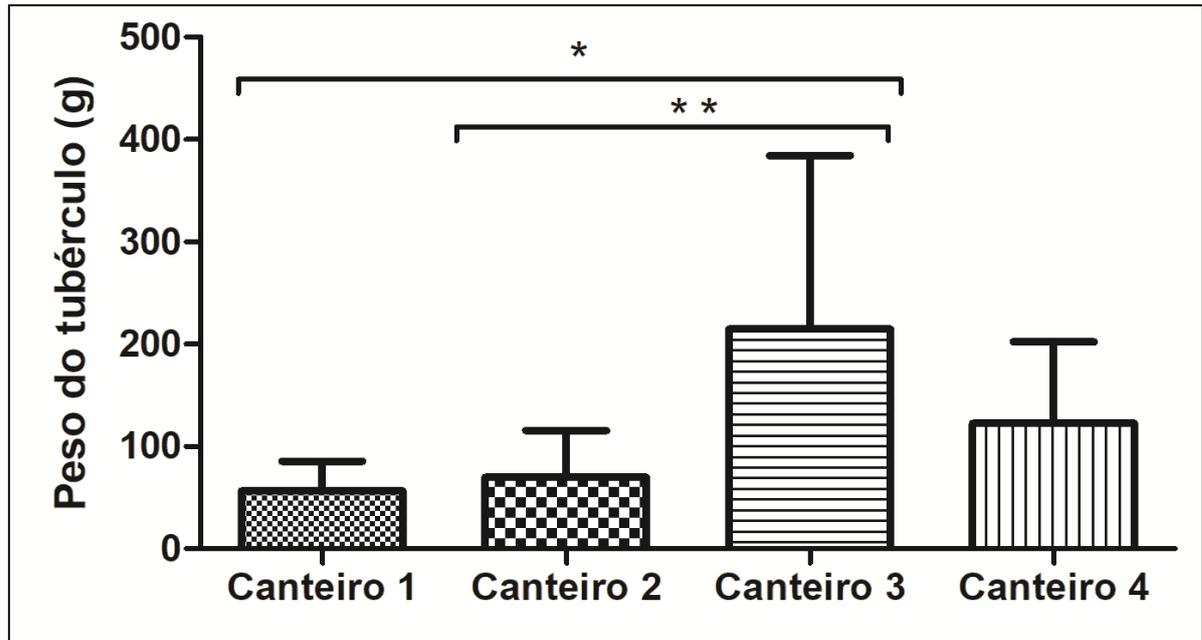
### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os significados estatísticos dos resultados obtidos foram avaliados utilizando o software GraphPad Prism 5.00 (GraphPad Software, San Diego, E.U.A.) com a utilização do teste ANOVA, seguido de pós-teste Newman-Keuls para análise de variância. Os resultados com  $p < 0,05$  foram considerados significativos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise preliminar do solo constatou a presença de macronutrientes em quantidades satisfatórias e pH neutro (ANEXO 1), garantindo as condições mínimas necessárias ao plantio da beterraba.

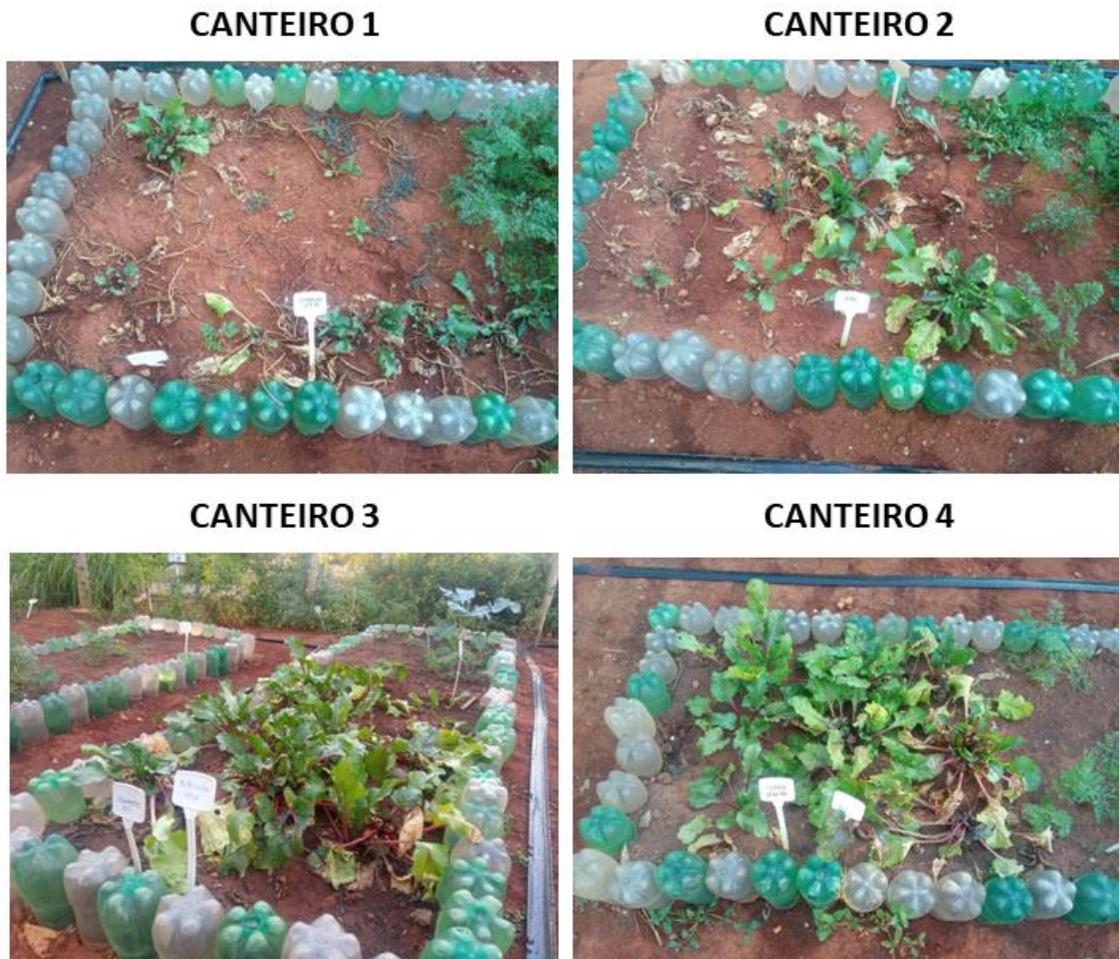
Após o período de cultivo, foram observadas diferenças morfológicas entre as amostras dos diferentes canteiros, o que influenciou na massa final obtida (Figura 3). No canteiro 1 (adubação verde) obteve-se 283 gramas do tubérculo, canteiro 2 (NPK) 838,6 g, canteiro 3 (compostagem) 2,15 kg e canteiro 4 (terra vegetal) 1,105 kg de tubérculo.



**FIGURA 3** – Massa de beterraba segundo quatro diferentes métodos de adubação. Análise estatística utilizando o teste One-way ANOVA, seguido do pós-teste Newman-Keuls. [Canteiro 1 – adubação verde; Canteiro 2 – NPK; Canteiro 3 – compostagem; Canteiro 4 – terra vegetal] \*  $p < 0,05$ / \*\*  $p < 0,01$  [n= 12 (canteiro 1 e 2) / n= 9 (canteiro 3 e 4)].

**Fonte:** Autora, 2019.

Observaram-se diferenças morfológicas significativas entre o canteiro 3 e os canteiros 1 e 2. Macroscopicamente houve diferença em relação ao tamanho, cor e, durante o processamento, na textura das amostras de beterraba. A parte aérea das beterrabas do canteiro 3 apresentou coloração esverdeada viva, tamanho uniforme, sem deformações ou rachaduras (Figura 4). As observações macroscópicas indicaram preliminarmente a adubação com o biofertilizante proveniente da compostagem como o melhor método de adubação.



**FIGURA 4** – Parte aérea das beterrabas segundo quatro diferentes métodos de adubação. [Canteiro 1 – adubação verde; Canteiro 2 – NPK; Canteiro 3 – compostagem; Canteiro 4 – terra vegetal].

**Fonte:** Autora, 2019.

Souza e colaboradores (2005) destacam que para este tipo de cultura é ideal solos enriquecidos com matéria orgânica e disponibilidade de nutrientes essenciais, possibilitando elevada distribuição de macro e micronutrientes que promovam satisfatórias condições biológicas, químicas e físicas do vegetal. Solos com maior oferta de compostos orgânicos, conseqüentemente irão gerar produtos em melhor qualidade. Peixoto (1988) observou também que um dos papéis relevantes da compostagem é propiciar o crescimento de raízes, incorporar nutrientes e promover maior absorção de água, estabilizando a temperatura do solo e pH, enriquecendo culturas conforme se promove a sucessão de microrganismos. Lopes (1995) enfatiza que quantidades mínimas de potássio (K) interferem no crescimento dos vegetais, na elevação e distribuição de açúcares dos tubérculos, resultando negativamente nas propriedades fisiológicas dos vegetais. Da mesma forma, Schmehl e James (1971)

categorizam a beterraba açucareira como uma das mais minuciosas na absorção de potássio (K), nutrindo-se mais deste do que dos demais macronutrientes. Ao contrário, Alves *et al.* (2008) acreditam que a evolução e a constituição do tubérculo estão associadas à absorção de nitrogênio (N), responsável pela síntese de moléculas orgânicas, além de contribuir para promoção de tubérculos com maior maturação e, conseqüentemente, de melhor qualidade. Considerando estas observações, possivelmente a adubação por meio do produto da compostagem forneceu de maneira mais efetiva os nutrientes necessários ao melhor desenvolvimento dos vegetais.

Após a colheita e processamento das amostras, as mesmas foram submetidas à fermentação, processo este evidenciado por meio da produção de gás (Figura 5).



**FIGURA 5** – Solução de sacarose após a etapa de fermentação.

**Fonte:** Autora, 2019.

Após a destilação fracionada, foram analisadas a densidade e o teor alcoólico das amostras obtidas. A densidade das amostras foi comparada à do etanol (0,789 g/mL) para consulta ao teor alcoólico em tabela (ANEXO 2). O canteiro 1 apresentou densidade de 0,99 g/mL, correspondendo a um teor alcoólico de 7,1%. A amostra não apresentou queima após a destilação, fato este que pode ser correlacionado ao baixo teor alcoólico observado. No entanto, ao ser realizada uma análise sensorial do odor da amostra, foi percebido odor característico de álcool na amostra.

O canteiro 2 apresentou densidade de 0,94 g/mL, correspondendo a um teor alcoólico de 45,6%. Não foi observada queima do destilado nesta amostra, apesar do odor de álcool ser

percebido na análise sensorial. O canteiro 3 apresentou densidade de 0,96 g/mL, correspondente a um teor alcoólico de 33%. Não houve queima posterior à destilação, apesar do odor de álcool sentido na análise sensorial. O canteiro 4 apresentou densidade de 1,01 g/mL, a qual está correlacionada a 0% de teor alcoólico o que justifica a ausência de queima após a destilação. O odor observado na análise sensorial era semelhante ao de mofo. As densidades observadas se assemelham a densidade da água (1 g/mL).

Os resultados observados podem estar associados ao teor de carboidrato presente nas amostras dos diferentes canteiros. A reduzida concentração de carboidrato leva a uma baixa taxa de fermentação que, conseqüentemente, gera um menor teor de etanol produzido. Além disso, o processo de destilação fracionada pode ter influenciado na presença de água na amostra final obtida tendo em vista a variação de temperatura ao longo do processo devido ao controle manual do banho-Maria seco utilizado. Este fato possivelmente influenciou no teor alcoólico da amostra bem como em sua queima.

Sousa e Monteiro (2011) correlacionaram alguns fatores determinantes no processo de fermentação. A concentração do substrato e dos nutrientes nele contidos são alguns dos fatores essenciais, pois quantidades reduzidas refletem em baixa taxa de conversão e de obtenção do etanol. Além destes fatores, o teor alcoólico também é limitante ao processo fermentativo uma vez que promove alterações na célula leveduriforme, interrompendo a fermentação dependendo da concentração alcançada.

## **5 CONCLUSÃO**

O canteiro 3, adubado com biofertilizante resultante da compostagem, apresentou a maior massa de tubérculo e o segundo maior teor alcoólico, liderado pela amostra destilada obtida do canteiro 2, adubado com NPK. Os resultados observados demonstram a influência das condições de cultivo na qualidade da beterraba gerada e no teor de álcool obtido da fermentação deste tubérculo. Além disso, a temperatura de ebulição foi um fator limitante do processo de destilação fracionada, o que pode ter influenciado no resultado final obtido em relação à densidade e ao teor alcoólico da amostra. Sugere-se que em estudos futuros seja utilizado um aparato de destilação com banho-Maria seco digital, que permita a padronização da temperatura de aquecimento da amostra e, dessa forma, garantir a lisura do processo e da amostra final obtida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, JOSÉ RICARDO TAVARES; FORMIGA, ANDERSON DOS SANTOS; ROCHA DA THAYSE CAVALCANTE, COSTA; FRANCISCLEUDO BEZERRA, GONDIM; ANCÉLIO RICARDO DE OLIVEIRA. **Qualidade pós-colheita de beterraba submetida à adubação com biofertilizante fermentado.** *Semiárido De Visu*, v. 5, n. 1, p. 03-10, 2017.

ANTHY ALEXIADES; ALISSA KENDALL;KIARA S; WINANS;KENDALL KIARA; S.STEPHEN R> KAFFKA. **Sugar beet ethanol (*Beta vulgaris L.*): A promising low-carbon pathway for ethanol production in California.** Publication: *Journal of Cleaner production*. 20 January 2018.

ASHOK PANDEY; RAVEENDRAN SINDHU; SINDHU; PARAMESWARAN BIOD. **Biological pretreatment of lignocellulosic biomass – An overview.** *Bioresource Technology*, January 2016.

AYMERICK EUDES;YAN LIANG;PRAIAKTA MITRA,DOMINIQUE LOQUÉ. **Lignin Bioengineering.** *Current Opinion in Biotechnolog* Abril 2014.

C.MANOCHIO;B.R;ANDRADE,R.P;RODRIGUEZ,B.S;MORAES. **Ethanol from biomass: A comparative overview.** Publication: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. December 2017.

CEYDA.KASAVI;IIARIA.FINORE;LICIA LAMA;BARBARA NICOLAUS;STEPHEN G. **Evaluation of industrial *Saccharomyces cerevisiae* strains for ethanol production from biomass.** Publication: *Biomass and Bioenergy*. Ceyda Kasavi,Ilaria Finore,Licia Lama,Barbara Nicolaus,Stephen G. Oliver,Ebru Toksoy Oner,Betul Kirdar. October 2012.

FERREIRA, DE CARVALHO; JADE, MARTINS. M; JUSSARA FINZER D; JOSE ROBERTO. **Fermentação de sacarose extraída da Beterraba Sacarina (*Beta Vulgaris L.*).** Uberaba /MG, novembro,2015.

FERREIRA, NETO.; JOÃO.**Produção de beterraba (*Beta Vulgaris L.*) irrigada com efluente agroindustrial.** Pombal,2015.

**Fuel ethanol production from lignocellulosic biomass: An overview on feedstocks and technological approaches.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevir,December 2016.

H.B;T.M.I;MAHLIA;W.T;CHONG,HADLN;A.H;SEBAYANG. **Second generation bioethanol production: A critical review.** Publication: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. December 2016.

H.ZABED;J.N.SAHU;A.N.BOYCE;G.FARUQ. **Fuel ethanol production from lignocellulosic biomass: An overview on feedstocks and technological approaches.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevir,December 2016.

HARIFARA, RABEMANOLONTSOA;SHIRO. SAKA. **Various pretreatments of lignocellulosics.** *Bioresource Technology* January 2016.

H.ZABED;J.N.SAHU;A.N.BOYCE;A.N.BOYCE;G. **Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress.** Publication : Renewable and Sustainable Energy Reviews . Faruq May 2017.

H.B;ADITIVA;T.M.I;MAHLIA.W.T;CHONG.HADI;SEBAYANG.**Second generation bioethanol production: A critical review.** Publication: Renewable and Sustainable Energy Reviews. December 2016.

Iqbal; Hafiz Muhammad Nasir.Kyazze; Godfrey,Tajalli Keshavarz. **Avanços na valorização de materiais lignocelulósicos por biotecnologia: uma visão geral. Vol,2013.**

**Industrial technologies for bioethanol production from lignocellulosic biomass.** Publication: Renewable and Sustainable Energy Reviews. Renewable and Sustainable Energy Reviews. May 2016.

Instituto Brasileiro de Florestas. **Tipos de adubação.** Disponível em <<https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/adubacao>> Acesso em out.2019.

J. C. FERREIRA; J. M. MARTINS e J. R.D. FINZER; M.L. BEGNINI, **Produção de etanol a partir da sacarose extraída da beterraba sacarina.** XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, UFSCar- São Carlos-SP,2017.

KE ZANG;ZHIJIAN PEI;DONGHAI WANG.**Organic solvent pretreatment of lignocellulosic biomass for biofuels and biochemicals: A review.** Bioresource Technology. January 2016.

LOPES, DUARTE ADERALDO. **Análise de parâmetros físico-químicos e macronutrientes na beterraba (*Beta vulgaris L.*) crua e cozida comercializada em supermercado de São Luíz.** -38p MA/2017.

PATRIK.R;LENNARTSSON;PER ERLANSSON;MOHAMMAD;J.TAHERZADEH. **Integration of the first and second generation bioethanol processes and the importance of by-products.** Publication : Bioresouere Technology. August 2014.

SITI.HAJAR;MOHD AZHARY;RAHMATH ABDULLA;SITI AZMAH JAMBO;HARTINIE,ARBAWI;JUALANG;AZLANAZLAN;GANSAU;AZIOLNMOHD; GANSAU; FAIK;KENNETH;FRANCIS RODRIGUES. **Yeasts in sustainable bioethanol production: A review.** Publication: Biochemistry and Biophysics Reports. July 2017.pages 52-61.

SANTOS, DOS DESTRO CLÀUDIA. **Extração, clarificação e estabilização de betalainas provenientes de talos de beterraba vermelha (*Beta vulgaris L.*).** Porto Alegre,2017.

SILVA, ROSIÉLLY D.P. da. **Determinação do teor de ferro de beterrabas adubadas com dois tratamentos diferenciados: orgânico e convencional.** 2011. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2011.

SILVA, DA RITA DE CÀSSIA FERREIRA; OLIVEIRA, DE FREIRE FABIO; SOUZA, KATHIANNE RODRIGUES; BRITO, ESTHER DA SILVA; SILVA, ALINE DA

OLIVEIRA; LIMA, CÍCERA MILENA DE GUEDES. **Avaliação de diferentes coberturas mortas na produção de beterraba (*Beta vulgaris L.*)**. Revista Semiárido De Visu, v. 5, n. 1, p. 03-10, 2017.

SILVA, ALEXSSANDRO, O. SILVAÊNIO F. BASSOI, LUIS, H. KLAR ANTONIO, E. **Desenvolvimento de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo**. UNESP-FCA.

SOUSA, J.L.U., MONTEIRO, R.A.B. **Fatores interferentes na fermentação alcoólica para a produção de etanol**. FAZU em Revista, Uberaba, n. 8, p. 100-107, 2011.

SOUZA, BRENDA LETÍCIA CASTILHO DE. **Uso de diferentes fontes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura da beterraba e a sua influência na produtividade**. 2018.

SOARES, JIMMY; **Produção de etanol a partir de coco verde utilizando cepas de *Saccharomyces cerevisiae* industriais**. Vitória-2016.

PEREIRA, LORENA ALVES; **Alterações químicas no solo após o processo de calagem**. Formiga/MG – 2018.

PEREIRA DA COSTA, BEATRIZ; **Obtenção de etanol a partir de caju (*Anacardium occidentale L.*)** Brasília: UnB, 2017.

YANLIN;WEI ZHANG;CHUNJIE LI;KEI SAKAKIBARA;SHUZO TANAKA;HAINAN KONG. **Factors affecting ethanol fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* BY4742**. Publication : Biomass and Bioenergy December 2012.

ZZANARDI, M. S.; JUNIOR, E. F. C. **Tecnologia e perspectiva da produção de etanol no Brasil**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 17, n. 27, p. 01-118, jan/jun.

## ANEXO 1 – ANÁLISE DO SOLO PRÉ-CULTIVO

**LABORATÓRIO DE QUÍMICA AGROPECUÁRIA**  
**ANÁLISE DE SOLOS**  
**RESULTADO DE FERTILIDADE**

Laboratório de Química Agropecuária  
BR 040 km 527 - CEASA - Contagem - MG - CEP 32.145-900  
Tel: (31) 3768-5609  
Fax: (31) 3768-5617  
e-mail: laso@ima.mg.gov.br

**CLIENTE:** ERICKA LORENNIA DE SALES SOUZA E MELO  
**ENDEREÇO:** RUA BOA VISTA Nº 270  
**CIDADE:** MATOZINHOS  
**CEP:** 35.720-000  
**C.G.C.:** INSC.EST.

**ORIG. DA AM.:** FAC. DE CIÊNCIAS DA VIDA  
**CIDADE:** SETE LAGOAS  
**Nº DO PEDIDO:** 0463  
**DATA PEDIDO:** 08/07/2019  
**CORREIO:** Sim

Nº AM.	IDENT. AMOSTRA	CaCl2	KCl	H2O	H+Al	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	P	K	SB	T	t	m	V	cmol.carga/dm <sup>3</sup>		%
																NS	NS	
1109	HORTA FAC. CIÊNCIAS DA VIDA ESP SUSTENTÁVEL PLANTA	NS	NS	7,2	0,85	0,01	8,68	0,41	13,9	121	9,40	10,26	9,41	0,11	91,68			



**CaCl2** = pH em Cloreto de Cálcio; **KCl** = pH em Cloreto de Potássio; **H2O** = pH em Água; **pH** = Relação 1:2,5; **SB** = Soma de bases; **T** = Cap. de troca de cátions; **t** = Cap.efetiva de troca de cátions; **m** = Índice de saturação de Alumínio; **V** = Índice de saturação de base.  
OBS: O cálculo do SB, T, t, m e V, não considera valores de Sódio - (Na). Solução extratora: Fósforo e Potássio Mehlich 1; Cálcio, Magnésio e Alumínio Cloreto de Potássio 1 normal. Hidrogênio + Alumínio - pH em S.M.P. | NS = Análise não solicitada. O resultado somente é válido para amostras analisadas.

ERICKA LORENNIA DE SALES SOUZA E MELO  
RUA BOA VISTA Nº 270  
CRUZEIRO  
MATOZINHOS  
35.720-000

  
**Juberlaci Lácio Teixeira**  
 Supervisor do LASO  
**Contagem, 12/07/2019**



**LABORATÓRIO DE QUÍMICA AGROPECUÁRIA**  
**ANÁLISE DE SOLOS**  
**RESULTADO DE MAT. ORGANICA**

Laboratório de Química Agropecuária  
BR 040 km 527 - CEASA - Contagem - MG - CEP 32.145-900  
Tel: (31) 3768-5609  
Fax: (31) 3768-5617  
e-mail: laso@ima.mg.gov.br

**CLIENTE:** ERICKA LORENNIA DE SALES SOUZA E MELO  
**ENDEREÇO:** RUA BOA VISTA Nº 270  
**CIDADE:** MATOZINHOS  
**CEP:** 35.720-000  
**TEL:** (31) 8730-2499  
**FAX:**  
**C.G.C. INSC. EST.**

**ORIG. DA AM.:** FAC. DE CIENCIAS DA VIDA  
**CIDADE:** SETE LAGOAS  
**Nº DO PEDIDO:** 0463  
**DATA PEDIDO:** 08/07/2019  
**CORREIO:** Sim

**Nº AM. IDENT. AMOSTRA**  
1109 HORTA FAC. CIENCIAS DA VIDA ESP  
SUSTENTAVEL PLANTA

**MAT. ORG. - dag/kg**  
2,84

**C - dag/kg**  
1,65

**N - dag/kg**  
0,14

Matéria Orgânica Método Colorimétrico - Carbono Org. = M.Org. / 1,724  
Nitrogenio calculado / Mat. Organica  
O resultado somente é válido para amostras analisadas.

ERICKA LORENNIA DE SALES SOUZA E MELO  
RUA BOA VISTA Nº 270  
CRUZEIRO  
MATOZINHOS  
35.720-000

463

Juberly Lucio Teixeira Chila  
Supervisor do LASO

Contagem, 12/07/2019

Laboratório de Química Agropecuária  
BR 040 km 527 - CEASA - Contagem - MG - CEP 32.145-900  
Tel: (31) 3768-5609  
Fax: (31) 3768-5617  
e-mail: laso@ima.mg.gov.br

**LABORATÓRIO DE QUÍMICA AGROPECUÁRIA**  
**ANÁLISE DE SOLOS**  
**RESULTADO DE GRANULOMETRIA**

**CLIENTE:** ERICKA LORENNIA DE SALES SOUZA E MELO  
**ENDEREÇO:** RUA BOA VISTA Nº 270  
**CIDADE:** MATOZINHOS  
**CEP:** 35.720-000  
**TEL:** (31) 8730-2499  
**FAX:**  
**INSC. EST.**

**ORIG. DA AM.:** FAC. DE CIÊNCIAS DA VIDA  
**CIDADE:** SETE LAGOAS  
**Nº DO PEDIDO:** 0463  
**DATA PEDIDO:** 08/07/2019  
**CORREIO:** Sim

**Nº AM. IDENT. AMOSTRA**  
1109 HORTA FAC. CIÊNCIAS DA VIDA ESP  
SUSTENTAVEL PLANTA

**AREA TOTAL - %** 15,31  
**SILTE - %** 18,48  
**ARGILA - %** 66,20



Granulometria - Método pipeta adaptado  
O resultado somente é válido para amostras analisadas.

O método usado na análise granulométrica não contempla solos de regiões calcárias e solos com teor de matéria orgânica maior que 5 %.  
Dispersante usado: Hidróxido de sódio + Hexametáfosfato de sódio  
Peneira - 270 Mesh (0,053 mm)

ERICKA LORENNIA DE SALES SOUZA E MELO  
RUA BOA VISTA Nº 270  
CRUZEIRO  
MATOZINHOS  
35.720-000

463

*Adriano...*  
01 Juberê Lúcio Teixeira C.  
Supervisor do LASO  
Contagem, 12/07/2019

## ANEXO 2 – TABELA DE TEOR ALCOÓLICO SEGUNDO A DENSIDADE

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA Secretaria de Defesa Agropecuária – SDA Coordenação Geral de Apoio Laboratorial - CGAL		
<b>Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres</b>		
Destilados	<b><u>GRAU ALCOÓLICO REAL</u></b>	Método 03

Tabela I

Dens. Destil.	% vol.								
1,00000	0,0	0,99574	2,9	0,99174	5,8	0,98807	8,7	0,98459	11,6
0,99985	0,1	0,99560	3,0	0,99161	5,9	0,98794	8,8	0,98447	11,7
0,99970	0,2	0,99546	3,1	0,99148	6,0	0,98782	8,9	0,98435	11,8
0,99955	0,3	0,99531	3,2	0,99135	6,1	0,98770	9,0	0,98424	11,9
0,99939	0,4	0,99517	3,3	0,99122	6,2	0,98758	9,1	0,98412	12,0
0,99924	0,5	0,99503	3,4	0,99109	6,3	0,98746	9,2	0,98400	12,1
0,99910	0,6	0,99489	3,5	0,99096	6,4	0,98734	9,3	0,98388	12,2
0,99895	0,7	0,99475	3,6	0,99083	6,5	0,98722	9,4	0,98377	12,3
0,99880	0,8	0,99461	3,7	0,99070	6,6	0,98710	9,5	0,98365	12,4
0,99866	0,9	0,99447	3,8	0,99057	6,7	0,98698	9,6	0,98354	12,5
0,99851	1,0	0,99433	3,9	0,99045	6,8	0,98686	9,7	0,98342	12,6
0,99836	1,1	0,99419	4,0	0,99032	6,9	0,98674	9,8	0,98330	12,7
0,99821	1,2	0,99405	4,1	0,99020	7,0	0,98662	9,9	0,98318	12,8
0,99807	1,3	0,99391	4,2	0,99007	7,1	0,98650	10,0	0,98307	12,9
0,99792	1,4	0,99377	4,3	0,98994	7,2	0,98637	10,1	0,98296	13,0
0,99777	1,5	0,99363	4,4	0,98981	7,3	0,98626	10,2	0,98285	13,1
0,99763	1,6	0,99349	4,5	0,98969	7,4	0,98614	10,3	0,98274	13,2
0,99748	1,7	0,99336	4,6	0,98956	7,5	0,98602	10,4	0,98263	13,3
0,99733	1,8	0,99322	4,7	0,98944	7,6	0,98590	10,5	0,98251	13,4
0,99719	1,9	0,99308	4,8	0,98931	7,7	0,98578	10,6	0,98239	13,5
0,99704	2,0	0,99295	4,9	0,98919	7,8	0,98566	10,7	0,98227	13,6
0,99689	2,1	0,99281	5,0	0,98906	7,9	0,98554	10,8	0,98216	13,7
0,99675	2,2	0,99268	5,1	0,98893	8,0	0,98542	10,9	0,98204	13,8
0,99661	2,3	0,99255	5,2	0,98881	8,1	0,98530	11,0	0,98193	13,9
0,99645	2,4	0,99241	5,3	0,98869	8,2	0,98518	11,1	0,98182	14,0
0,99632	2,5	0,99228	5,4	0,98857	8,3	0,98506	11,2	0,98171	14,1
0,99618	2,6	0,99215	5,5	0,98845	8,4	0,98494	11,3	0,98159	14,2
0,99603	2,7	0,99201	5,6	0,98833	8,5	0,98482	11,4	0,98148	14,3
0,99589	2,8	0,99188	5,7	0,98820	8,6	0,98470	11,5	0,98137	14,4

Dens. Destil.	% vol.								
0,98126	14,5	0,97786	17,6	0,97467	20,6	0,97152	23,5	0,96812	26,5
0,98115	14,6	0,97775	17,7	0,97456	20,7	0,97141	23,6	0,96800	26,6
0,98103	14,7	0,97764	17,8	0,97445	20,8	0,97130	23,7	0,96789	26,7
0,98092	14,8	0,97754	17,9	0,97435	20,9	0,97118	23,8	0,96777	26,8
0,98081	14,9	0,97743	18,0	0,97424	21,0	0,97107	23,9	0,96766	26,9
0,98070	15,0	0,97732	18,1	0,97414	21,1	0,97096	24,0	0,96754	27,0
0,98058	15,1	0,97721	18,2	0,97404	21,2	0,97084	24,1	0,96742	27,1
0,98047	15,2	0,97711	18,3	0,97393	21,3	0,97073	24,2	0,96730	27,2
0,98036	15,3	0,97700	18,4	0,97382	21,4	0,97062	24,3	0,96719	27,3
0,98025	15,4	0,97690	18,5	0,97371	21,5	0,97051	24,4	0,96707	27,4
0,98014	15,5	0,97679	18,6	0,97360	21,6	0,97040	24,5	0,96695	27,5
0,98003	15,6	0,97668	18,7	0,97350	21,7	0,97028	24,6	0,96683	27,6
0,97992	15,7	0,97657	18,8	0,97339	21,8	0,97017	24,7	0,96671	27,7
0,97981	15,8	0,97646	18,9	0,97328	21,9	0,97006	24,8	0,96660	27,8
0,97970	15,9	0,97636	19,0	0,97894	16,6	0,96994	24,9	0,96648	27,9
0,97959	16,0	0,97626	19,1	0,97317	22,0	0,96984	25,0	0,96636	28,0
0,97948	16,1	0,97616	19,2	0,97306	22,1	0,96974	25,1	0,96624	28,1
0,97937	16,2	0,97605	19,3	0,97295	22,2	0,96961	25,2	0,96612	28,2
0,97926	16,3	0,97595	19,4	0,97285	22,3	0,96950	25,3	0,96601	28,3
0,97915	16,4	0,97584	19,5	0,97274	22,4	0,96938	25,4	0,96588	28,4
0,97905	16,5	0,97574	19,6	0,97263	22,5	0,96927	25,5	0,96576	28,5
0,97883	16,7	0,97563	19,7	0,97252	22,6	0,96916	25,6	0,96565	28,6
0,97872	16,8	0,97553	19,8	0,97241	22,7	0,96904	25,7	0,96553	28,7
0,97862	16,9	0,97542	19,9	0,97230	22,8	0,96893	25,8	0,96541	28,8
0,97851	17,0	0,97531	20,0	0,97219	22,9	0,96881	25,9	0,96529	28,9
0,97840	17,1	0,97521	20,1	0,97208	23,0	0,96870	26,0	0,96517	29,0
0,97829	17,2	0,97511	20,2	0,97197	23,1	0,96858	26,1	0,96505	29,1
0,97818	17,3	0,97500	20,3	0,97185	23,2	0,96847	26,2	0,96493	29,2
0,97807	17,4	0,97489	20,4	0,97174	23,3	0,96835	26,3	0,96480	29,3
0,97797	17,5	0,97478	20,5	0,97163	23,4	0,96824	26,4	0,96468	29,4

Dens. Destil.	% vol.								
0,96456	29,5	0,96088	32,4	0,95673	35,4	0,95226	38,4	0,94745	41,4
0,96444	29,6	0,96075	32,5	0,95659	35,5	0,95210	38,5	0,94728	41,5
0,96432	29,7	0,96062	32,6	0,95645	35,6	0,95194	38,6	0,94711	41,6
0,96419	29,8	0,96049	32,7	0,95630	35,7	0,95179	38,7	0,94695	41,7
0,96407	29,9	0,96035	32,8	0,95616	35,8	0,95163	38,8	0,94678	41,8
0,96395	30,0	0,96022	32,9	0,95601	35,9	0,95148	38,9	0,94662	41,9
0,96383	30,1	0,96009	33,0	0,95587	36,0	0,95132	39,0	0,94645	42,0
0,96370	30,2	0,95995	33,1	0,95572	36,1	0,95116	39,1	0,94628	42,1
0,96357	30,3	0,95982	33,2	0,95558	36,2	0,95100	39,2	0,94611	42,2
0,96345	30,4	0,95968	33,3	0,95543	36,3	0,95084	39,3	0,94594	42,3
0,96333	30,5	0,95955	33,4	0,95528	36,4	0,95068	39,4	0,94577	42,4
0,96320	30,6	0,95941	33,5	0,95513	36,5	0,95052	39,5	0,94560	42,5
0,96308	30,7	0,95927	33,6	0,95499	36,6	0,95037	39,6	0,94543	42,6
0,96295	30,8	0,95914	33,7	0,95484	36,7	0,95021	39,7	0,94526	42,7
0,96283	30,9	0,95900	33,8	0,95469	36,8	0,95005	39,8	0,94509	42,8
0,96270	31,0	0,95887	33,9	0,95455	36,9	0,94989	39,9	0,94492	42,9
0,96257	31,1	0,95873	34,0	0,95440	37,0	0,94973	40,0	0,94475	43,0
0,96244	31,2	0,95859	34,1	0,95425	37,1	0,94957	40,1	0,94458	43,1
0,96231	31,3	0,95845	34,2	0,95410	37,2	0,94941	40,2	0,94440	43,2
0,96218	31,4	0,95830	34,3	0,95394	37,3	0,94924	40,3	0,94423	43,3
0,96206	31,5	0,95816	34,4	0,95379	37,4	0,94908	40,4	0,94405	43,4
0,96193	31,6	0,95802	34,5	0,95364	37,5	0,94892	40,5	0,94388	43,5
0,96180	31,7	0,95788	34,6	0,95349	37,6	0,94876	40,6	0,94371	43,6
0,96167	31,8	0,95774	34,7	0,95334	37,7	0,94860	40,7	0,94353	43,7
0,96154	31,9	0,95759	34,8	0,95318	37,8	0,94843	40,8	0,94336	43,8
0,96141	32,0	0,95745	34,9	0,95303	37,9	0,94827	40,9	0,94318	43,9
0,96128	32,1	0,95731	35,0	0,95226	38,0	0,94811	41,0	0,94301	44,0
0,96115	32,2	0,95717	35,1	0,95272	38,1	0,94794	41,1	0,94283	44,1
0,96101	32,3	0,95702	35,2	0,95257	38,2	0,94778	41,2	0,94266	44,2
0,96088	32,3	0,95688	35,3	0,95241	38,3	0,94761	41,3	0,94248	44,3

Dens. Destil.	% vol.								
0,94230	44,4	0,93682	47,4	0,93102	50,4	0,92496	53,4	0,91865	56,4
0,94213	44,5	0,93663	47,5	0,93082	50,5	0,92475	53,5	0,91844	56,5
0,94195	44,6	0,93644	47,6	0,93063	50,6	0,92454	53,6	0,91823	56,6
0,94177	44,7	0,93625	47,7	0,93043	50,7	0,92434	53,7	0,91801	56,7
0,94159	44,8	0,93606	47,8	0,93023	50,8	0,92413	53,8	0,91780	56,8
0,94142	44,9	0,93587	47,9	0,93003	50,9	0,92393	53,9	0,91758	56,9
0,94124	45,0	0,93568	48,0	0,92983	51,0	0,92372	54,0	0,91737	57,0
0,94106	45,1	0,93549	48,1	0,92963	51,1	0,92351	54,1	0,91715	57,1
0,94088	45,2	0,93530	48,2	0,92943	51,2	0,92330	54,2	0,91694	57,2
0,94070	45,3	0,93510	48,3	0,92922	51,3	0,92309	54,3	0,91672	57,3
0,94052	45,4	0,93491	48,4	0,92902	51,4	0,92288	54,4	0,91651	57,4
0,94034	45,5	0,93472	48,5	0,92882	51,5	0,92267	54,5	0,91629	57,5
0,94015	45,6	0,93453	48,6	0,92862	51,6	0,92247	54,6	0,91607	57,6
0,93997	45,7	0,93434	48,7	0,92842	51,7	0,92226	54,7	0,91586	57,7
0,93979	45,8	0,93414	48,8	0,92821	51,8	0,92205	54,8	0,91564	57,8
0,93961	45,9	0,93395	48,9	0,92801	51,9	0,92184	54,9	0,91543	57,9
0,93943	46,0	0,93376	49,0	0,92781	52,0	0,92163	55,0	0,91521	58,0
0,93924	46,1	0,93357	49,1	0,92761	52,1	0,92142	55,1	0,91499	58,1
0,93906	46,2	0,93337	49,2	0,92740	52,2	0,92121	55,2	0,91477	58,2
0,93887	46,3	0,93318	49,3	0,92720	52,3	0,92099	55,3	0,91455	58,3
0,93869	46,4	0,93298	49,4	0,92700	52,4	0,92078	55,4	0,91433	58,4
0,93850	46,5	0,93279	49,5	0,92679	52,5	0,92057	55,5	0,91410	58,5
0,93831	46,6	0,93260	49,6	0,92659	52,6	0,92036	55,6	0,91388	58,6
0,93813	46,7	0,93240	49,7	0,92639	52,7	0,92015	55,7	0,91366	58,7
0,93794	46,8	0,93221	49,8	0,92619	52,8	0,91993	55,8	0,91344	58,8
0,93776	46,9	0,93201	49,9	0,92598	52,9	0,91972	55,9	0,91322	58,9
0,93757	47,0	0,93182	50,0	0,92578	53,0	0,91951	56,0	0,91300	59,0
0,93738	47,1	0,93162	50,1	0,92557	53,1	0,91930	56,1	0,91278	59,1
0,93719	47,2	0,93142	50,2	0,92536	53,2	0,91908	56,2	0,91255	59,2
0,93701	47,3	0,93122	50,3	0,92516	53,3	0,91887	56,3	0,91233	59,3

Dens. Destil.	% vol.								
0,91210	59,4	0,90530	62,4	0,89831	65,4	0,89109	68,4		
0,91188	59,5	0,90507	62,5	0,89807	65,5	0,89085	68,5		
0,91166	59,6	0,90484	62,6	0,89784	65,6	0,89061	68,6		
0,91143	59,7	0,90461	62,7	0,89760	65,7	0,89036	68,7		
0,91121	59,8	0,90438	62,8	0,89736	65,8	0,89012	68,8		
0,91098	59,9	0,90415	62,9	0,89713	65,9	0,88987	68,9		
0,91076	60,0	0,90392	63,0	0,89689	66,0	0,88963	69,0		
0,91053	60,1	0,90369	63,1	0,89665	66,1	0,88938	69,1		
0,91031	60,2	0,90346	63,2	0,89641	66,2	0,88913	69,2		
0,91008	60,3	0,90323	63,3	0,89617	66,3	0,88889	69,3		
0,90986	60,4	0,90300	63,4	0,89593	66,4	0,88864	69,4		
0,90963	60,5	0,90276	63,5	0,89569	66,5	0,88839	69,5		
0,90941	60,6	0,90253	63,6	0,89545	66,6	0,88814	69,6		
0,90918	60,7	0,90230	63,7	0,89521	66,7	0,88789	69,7		
0,90896	60,8	0,90207	63,8	0,89497	66,8	0,88765	69,8		
0,90873	60,9	0,90184	63,9	0,89473	66,9	0,88740	69,9		
0,90851	61,0	0,90161	64,0	0,89449	67,0	0,88715	70,0		
0,90828	61,1	0,90137	64,1	0,89425	67,1	0,87437	75,0		
0,90805	61,2	0,90114	64,2	0,89401	67,2	0,86082	80,0		
0,90782	61,3	0,90091	64,3	0,89376	67,3	0,84639	85,0		
0,90759	61,4	0,90067	64,4	0,89352	67,4	0,83071	90,0		
0,90736	61,5	0,90043	64,5	0,89328	67,5	0,81288	95,0		
0,90714	61,6	0,90020	64,6	0,89304	67,6	0,79074	100,0		
0,90691	61,7	0,89997	64,7	0,89280	67,7				
0,90668	61,8	0,89973	64,8	0,89255	67,8				
0,90645	61,9	0,89950	64,9	0,89231	67,9				
0,90622	62,0	0,89926	65,0	0,89207	68,0				
0,90599	62,1	0,89902	65,1	0,89183	68,1				
0,90576	62,2	0,89879	65,2	0,89158	68,2				
0,90553	62,3	0,89855	65,3	0,89134	68,3				