

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR PALOTINA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

RENATO TESSARO ESTEVES

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA E
ADUBAÇÃO MINERAL NA CULTURA DA SOJA SOBRE O TEOR E ACIDEZ DO
ÓLEO**

PALOTINA-PR
Dezembro de 2013

RENATO TESSARO ESTEVES

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA E
ADUBAÇÃO MINERAL NA CULTURA DA SOJA SOBRE O TEOR E ACIDEZ DO
ÓLEO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, da Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina, como requisito parcial para a conclusão do grau de Tecnólogo em Biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Jonathan Dieter

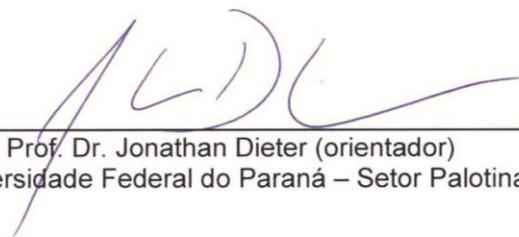
Coorientador: Prof. Dr. Joel Gustavo Teleken

PALOTINA-PR
Dezembro de 2013

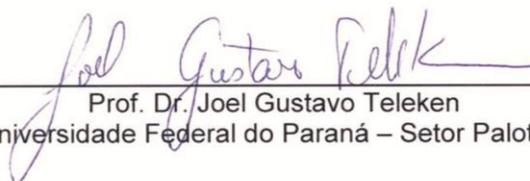
RENATO TESSARO ESTEVES

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA
E ADUBAÇÃO MINERAL NA CULTURA DA SOJA SOBRE O TEOR E
ACIDEZ DO ÓLEO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis, da Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina, como requisito parcial para a conclusão do grau de Tecnólogo em Biocombustíveis, apresentada a seguinte banca examinadora:



Prof. Dr. Jonathan Dieter (orientador)
Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina



Prof. Dr. Joel Gustavo Teleken
Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina

Prof. Dr. Helton José Alves
Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina

DEDICATÓRIA

A Deus, pelo equilíbrio e pela força para vencer todos os obstáculos.

Aos meus pais, Amador Domingues Esteves e Maria Aparecida Tessaro Esteves, pelo constante apoio, amor e incentivo em todos os momentos.

As minhas irmãs, Marcia Tessaro Esteves e Elisangela Tessaro Esteves, por sempre me ajudarem.

A minha namorada, Layara Lenardon, pelo carinho, incentivo, dedicação e por fazer parte da minha vida.

Aos meus amigos que sempre dão uma força nos momentos difíceis, em especial, André Marta da Rocha.

Aos professores, Joel Gustavo Teleken e Jonathan Dieter pela confiança, paciência e oportunidade para o desenvolvimento deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos professores, Joel GustavoTeleken e Jonathan Dieter, pela oportunidade de realizar este trabalho, pela orientação, dedicação e ensinamentos.

Aos técnicos dos laboratórios que contribuíram com o trabalho, Thompson, Lazaro, Carlos eEduardo.

Ao André Marta da Rocha, que me auxiliou em alguns experimentos.

A professora Leda, por ter fornecido equipamentos para a realização dos experimentos.

A Universidade Federal do Paraná, pelo fornecer os recursos necessários à pesquisa, pela oportunidade de ampliar meus conhecimentos e para que este trabalho pudesse ser concluído com êxito.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
SUMÁRIO	vi
LISTA DE GRÁFICOS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
1 INTRODUÇÃO	10
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 A produção de suínos do Paraná	12
3.2 Água Residuária da Suinocultura - ARS	13
3.3 Água residuária da suinocultura, biofertilizante e produção energética	14
3.4 A produção de soja	15
3.5 A aplicação de ARS na cultura da soja.....	16
3.6 Extração.....	18
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 Materiais	22
4.2 Métodos	24
4.2.1 Curvas de extração para etanol e ciclohexano	24
4.2.2 Extração com etanol hidratado e ciclohexano do óleo das 28 amostras de soja com a aplicação dos fatores independentes.....	25
4.2.3 Cálculo de porcentagem de óleo.....	25
4.2.4 Cálculo do índice de acidez (I.A.).....	25
4.2.5 Análise estatística	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Cinética de extração com etanol hidratado.....	27
5.2 Cinética de extração com ciclohexano.....	27
5.3 Volume de óleo extraído por etanol das amostras de soja tratadas com ARS	29

5.4	Volume de óleo extraído por ciclohexano	31
5.5	Comparativo entre a extração com etanol hidratado e com ciclohexano	33
5.6	Índice de acidez	34
5.7	Influências dos fatores independentes sobre o volume de óleo produzido e índice de acidez	37
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparação da extração de lipídeos com etanol hidratado e com ciclohexano em função do tempo.....	28
Gráfico 2. Comparação entre a extração de óleo por etanol hidratado na soja comercial e nas amostras com tratamentos dos fatores independentes.	31
Gráfico 3. Comparação entre a extração de óleo por ciclohexano na soja comercial e nas amostras com tratamento dos fatores independentes.	33
Gráfico 4. Comparação entre a extração por etanol hidratado e por ciclohexano na soja tratada com os fatores independentes.....	34
Gráfico 5. Comparação entre o índice de acidez com extração com etanol e com ciclohexano.	35
Gráfico 6. Teor de óleo extraído em função dos fatores: (a) adubação mineral, (b) água residuária da suinocultura, (c) declive do solo, (d) intensidade de precipitação simulada.	37
Gráfico 7. Média do índice de acidez em função dos fatores. : (a) adubação mineral, (b) água residuária da suinocultura, (c) declive do solo, (d) intensidade de precipitação simulada.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Polaridade de solventes	20
Tabela 2. Vantagens e desvantagens da extração com ciclohexano e etanol.	21
Tabela 3. Matriz do planejamento definindo os níveis estabelecidos (variáveis codificadas) e seus valores correspondentes (variáveis reais) para os quatro fatores estudados.....	22
Tabela 4. Matriz do planejamento completo 2^4 com os valores reais dos fatores independentes:.....	23
Tabela 5. Dados obtidos por extração em Soxhlet com agente extrator etanol hidratado.	27
Tabela 6. Dados obtidos por extração em Soxhlet com agente extrator ciclohexano.	28
Tabela 7. Extração de óleo com extrator etanol hidratado das amostras de soja tratada com ARS.	30
Tabela 8. Extração de óleo com extrator ciclohexano das amostras de soja tratadas com os fatores independentes.	32
Tabela 9. Índice de acidez na extração com etanol hidratado e com ciclohexano.	36

RESUMO

A água residuária da suinocultura (ARS) pode constituir uma opção mais barata para o uso como biofertilizantes. Contudo, sua utilização deve ser planejada e segura devido ao alto índice poluidor da mesma. A descoberta das propriedades fertilizantes da ARS aplicada na cultura da soja, bem como a avaliação do índice de acidez e o volume de óleo produzido, foi o que motivou esta pesquisa. Avaliou-se o índice de acidez do óleo e teor de óleo extraído, comparando-a com dois métodos: a extração por etanol hidratado e a extração por ciclohexano. Para este experimento foram utilizadas 28 amostras de soja, variando a dosagem de quatro fatores independentes sendo eles: água residuária da suinocultura, adubação mineral, inclinação do solo e intensidade de precipitação. A extração foi realizada em uma aparelhagem de soxhlet. Por meio da análise dos experimentos realizados apontou-se que com o sistema soxhlet o ciclohexano é o melhor agente extrator quando comparado com o etanol hidratado. A utilização de ARS para propriedades fertilizantes não influenciou no volume de óleo produzido e também no índice de acidez.

Palavras-chave: Água Residuária da Suinocultura. Volume de óleo produzido. Índice de Acidez.

1INTRODUÇÃO

O interesse em aumentar a produtividade e a qualidade da soja produzida tem feito com que se invista em pesquisas e se desenvolvam novas técnicas para a melhoria de sementes, insumos, preparação do solo, produção de equipamentos de semeadura e de colheita, diminuição de fatores que comprometem a vida da planta, como insetos e plantas daninhas, entre outros.(SEAB, 2012).

Por outro lado, a suinocultura produz dejetos que causam a preocupação de produtores e pesquisadores quanto a destinação correta dos mesmos, de modo a não causar a poluição do solo, da rede aquífera ou mesmo de animais e plantas.(HACK e SATURNINO, 2011).

Neste sentido, aliar a produção de soja ao uso água residuária da suinocultura (ARS) para a melhoria da qualidade e da quantidade produzida tem motivado estudos por parte de pesquisadores, e também investimentos por parte de produtores. Na prática o que se busca é diminuir os custos tanto com a produção da soja, quanto com o tratamento da ARS, agregando valor, qualidade e quantidade no que é produzido.(SHERER e BALDISSERA, 1994).

Devido as suas propriedades físicas e químicas, a ARS possui grande capacidade fertilizante e é fontes de poluição ambiental no caso da destinação inadequada. Assim, por meio do processo de biodigestão anaeróbica buscam-se alternativas para a redução deste potencial poluidor, bem como produzir biogás para gerar energia e utilizar o efluente como biofertilizantes.(DAGA, 2007).

Quando se trata da cultura da soja há uma grande preocupação por parte de produtores e pesquisadores em reduzir custos com a produção, principalmente no que tange ao uso de fertilizantes químicos.

Diante disso, este estudo visou identificar as contribuições da ARS na cultura da soja. Busca-se analisar as características biofertilizantes da ARS aplicada na cultura da soja, verificando se com o uso há um aumento na qualidade e na quantidade produzida de óleo.

Além disso, avaliou-se o índice de acidez do óleo extraído e a eficiência desta extração, comparando-a com dois métodos: a extração por etanol e a extração por ciclohexano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a influência da utilização de água residuária da suinocultura (ARS) juntamente com a adubação mineral sobre o teor de óleo produzido e sobre o índice de acidez na cultura da soja.

2.2 Objetivos específicos

- Determinação da cinética de extração com etanol hidratado e ciclohexano para do óleo de soja.
- Avaliar a eficiência de extração do óleo utilizando como solventes: ciclohexano e etanol hidratado.
- Avaliar a influência da água residuária da suinocultura, adubação mineral, intensidade de precipitação e inclinação do solo na cultura da soja sobreo teor de óleo.
- Avaliar a influência da água residuária da suinocultura, adubação mineral, intensidade de precipitação e inclinação do solo na cultura da soja sobreo índice de acidez do óleo.

3REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A produção de suínos do Paraná

A suinocultura é uma atividade que vem crescendo muito no Brasil nos últimos anos, principalmente para a produção da carne, muito apreciada principalmente no sul do país. No que se refere à suinocultura, o país tem dado um grande salto nos últimos anos, tanto quantitativa e qualitativamente. Atualmente ocupa a quarta posição e concorre diretamente com o Canadá para manter essa classificação. Isso permitiu posicionar o Brasil dentre os principais atuantes mundiais no setor da suinocultura (HACK e SATURNINO, 2011, p. 22).

No Paraná, a produção de suínos se faz presente desde o início da colonização, principalmente na região Oeste, quando era apenas uma atividade de subsistência para as famílias e posteriormente se tornou uma fonte de renda familiar (HACK e SATURNINO, 2011, p. 21).

O aumento considerável na produção de suínos pode ser atrelado a muitos aspectos, dos quais podem ser citados: a introdução e a melhoria das técnicas de produção, pesquisas voltadas a melhoria genética das matrizes, aumento do consumo interno, processo de globalização, conquista do mercado internacional, entre outros fatores.

Desta forma, a produção de suínos no Brasil e no Paraná tem cada vez mais deixada de se configurar como uma atividade de subsistência de pequenas propriedades rurais e se transformado em uma importante ferramenta do agronegócio, voltado aos mercados internos e externos.

Por outro lado, com o aumento na produção suína torna-se crescente a preocupação com os dejetos produzidos por esta atividade, visto que a gestão destes resíduos vem tornando-se um problema de difícil solução.

Nas últimas décadas, ecossistemas de produção de suínos foram drasticamente modificados, concentrando o rebanho em um número cada vez menor de granjas e ocupando pequenas áreas rurais, muitas vezes sem áreas para disposição dos resíduos da atividade (OLIVEIRA, 2001).

3.2 Água Residuária da Suinocultura - ARS

Os dejetos suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório. A água residuária da suinocultura é proveniente de dejetos suínos que podem apresentar diferentes materiais em sua composição, de acordo com o sistema de manejo adotado. Em geral, eles apresentam matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais (DIESEL et al., 2002, p. 7).

Devido à composição por diferentes tipos de materiais, a ARS é fonte de poluição. Dependendo do sistema de manejo adotado, contribuem com a poluição de rios, morte de peixes e de outros organismos aquáticos, contaminam o solo e o ar, prejudicando a saúde do homem e de outros animais da propriedade. Além disso, por meio deles pode haver a contaminação das águas subterrâneas por nitratos e patógenos, liberação de amônia, metano e outros gases na atmosfera (HACK e SATURNINO, 2011).

A urina produzida pelos suínos influi significativamente na quantidade de liquame que, por sua vez, depende diretamente da ingestão de água. Em geral, cada litro de água ingerido por um suíno resulta em 0,6 litros de dejetos líquidos (DAGA, 2007 *apud* OLIVEIRA, 1994).

Além disso, a produção intensiva de animais é uma importante fonte de emissão de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e amônia, elementos que estão associados de forma diversa com o aquecimento global, a diminuição da camada de ozônio e a chuva ácida (HACK e SATURNINO, 2011).

Apesar do grande potencial poluente atribuído a ARS, muitas pesquisas têm sido feitas no sentido de sua utilização, tanto como fonte para o desenvolvimento de fertilizantes, quanto para a produção de biocombustíveis.

3.3 Água residuária da suinocultura, biofertilizante e produção energética

Pesquisas demonstram que a ARS tem sido utilizada como fonte para a produção de energia. Ela fornece combustível através do biogás e adubo através do biofertilizante.

A ARS possui um bom potencial energético em termos de produção de biogás, tendo em vista, que mais de 70% dos sólidos totais são constituídos pelos sólidos voláteis, que são o substrato dos microrganismos produtores de biogás. O biogás liberado pela atividade de fermentação anaeróbia do dejetos suíno e ARS tem elevado poder energético e a sua composição varia de acordo com a biomassa (DIESELE *et al.*, 2002, p. 15).

No meio rural, a produção de biogás pode suprir as necessidades energéticas da propriedade, tais como: alimentar aquecedores, auxiliar no processo de cozimento de alimentos, gerar energia elétrica, etc.

A produção de biofertilizante também é outra fonte de aplicação de ARS na contemporaneidade. Biofertilizante é o efluente resultante da fermentação anaeróbia da matéria orgânica, na ausência de oxigênio, por um determinado período de tempo. Pode ser utilizado como adubo do solo tanto puro quanto na formação de compostagens (DIESELE *et al.*, 2002, p. 15).

O aproveitamento de ARS para a produção de biogás e biofertilizante é feita com a utilização de biodigestores. Eles se constituem em câmaras que realizam a fermentação anaeróbia da matéria orgânica destes dejetos.

O processo da digestão anaeróbia consiste na transformação de compostos orgânicos complexos em substâncias mais simples, como metano e dióxido de carbono, através da ação combinada de diferentes micro-organismos que atuam na ausência de oxigênio. O biodigestor pode ser construído de pedra ou tijolo e a campânula de ferro, fibra de vidro ou PVC. Existem dois tipos principais de biodigestores, o de batelada e o contínuo (DIESELE *et al.*, 2002, p. 15).

Deste modo, muitas pesquisas buscam diminuir a poluição causada pela ARS, empregando seu potencial para a melhoria da produção agrícola, bem como produção de energia. Isso faz agregar valor ao que, até então, era fonte de preocupação suinocultores.

3.4 A produção de soja

A soja vem ganhando espaço na agricultura mundial, principalmente pela diversidade de uso atribuída à oleaginosa. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA - a área plantada no mundo passou de 81,48 milhões de hectares na safra 2002/03 para 108,55 milhões na safra 2012/13, um crescimento de 33% na década (SEAB, 2012).

Basicamente, dois produtos são extraídos da soja e tem grande valor comercial: o farelo de soja e o óleo de soja. O farelo da soja é empregado principalmente como matéria prima de rações para a alimentação animal. O óleo é outro produto importante extraído da soja. A preocupação cada vez maior com a diminuição da poluição e também a busca por fontes de energia renováveis faz com que os produtos agrícolas ganhem espaço na produção de outros derivados como, por exemplo: os óleos e o etanol para uso combustível (SEAB, 2012).

Deste modo, pesquisas tem buscado encontrar em produtos agrícolas, como a soja e o milho, fontes renováveis de energia. Isso faz com que haja o interesse em aumentar a produção não somente para abastecer o mercado consumidor dos alimentos, mas para o desenvolvimento de novas energias , como o biodiesel, por exemplo.

Até a alguns anos atrás, a soja não despertava o interesse dos produtores rurais. Entretanto, com as mudanças econômicas e a descoberta do grande potencial econômico da soja, o conceito de agronegócio foi introduzido no Brasil. A soja movimentou um mercado muito lucrativo de insumos, sementes, defensivos agrícolas, etc. A necessidade de expansão da área plantada fez com que a oleaginosa fosse disseminada em boa parte do território nacional nos últimos anos.

A industrialização de oleaginosas constitui-se num dos mais importantes setores do sistema agroindustrial, pela importância de seus produtos nas indústrias siderúrgicas, de cosméticos e como matéria prima no processamento de alimentos para o consumo animal e humano (CUSTÓDIO, 2003).

3.5 A aplicação de ARS na cultura da soja

A ARS em função de suas características químicas tem um alto potencial fertilizante, podendo substituir em parte ou totalmente a adubação química e contribuir significativamente para o aumento da produtividade das culturas e a redução dos custos de produção (SHERER e BALDISSERA, 1994).

Apesar do grande potencial de carga de nutrientes da ARS e da sua capacidade de incorporação direta no solo, ela pode contaminar ou poluir o sistema de produção quando utilizados em doses muito altas (DIESEL et al., 2002). Deste modo, seu uso deve ser planejado e coerente para que se evite a contaminação do solo, da água ou da cultura, o que acabaria por prejudicar a saúde do próprio homem.

Mesmo assim, devido ao alto custo da produção agrícola com insumos e fertilizantes químicos, tem sido crescente o número de pesquisas com a aplicação de ARS em diversas culturas. Os motivos que incentivam estas pesquisas se justificam pela tentativa de redução de custos para a produção de grãos, destinação adequada a ARS e tentativa de melhorar a qualidade e a quantidade produzidas.

No caso da cultura da soja, a aplicação de ARS busca a melhoria da qualidade e da quantidade produzida, bem como a redução de custos com fertilizantes químicos. A utilização de biofertilizantes de origem suína torna-se viável, visto que na atualidade a agricultura busca o aumento da produtividade e a redução de custos (SEIDEL et al., 2002).

Além da redução de custos com a diminuição de fertilizantes químicos, os biofertilizantes contribuem com o processo de sustentabilidade ambiental da propriedade rural, visto que, ao dar um destino a ARS limitam-se as possibilidades de contaminação da água e do solo pelos mesmos.

A incorporação de ARS ao solo é muito importante, pois permite a imediata disponibilização de nutrientes às plantas, bem como minimiza as perdas por volatilização (COSTA et al., 2004; BASSO et al., 2004).

Devido aos sistemas de produção de suínos atuais, o armazenamento dos dejetos é feito na forma líquida, sendo o processo mais importante para estabilização do lquame, a fermentação anaeróbia. Em geral, são usadas esterqueira e/ou

bioesterqueiras para o armazenamento e estabilização do material. Podem também ser usadas como nas pocilgas e a sua compostagem no próprio local de sua produção. Nesse caso, o processo de fermentação ocorre na presença de oxigênio – aeróbico (SHERER et al., 1996).

A distribuição da ARS pode ser feita por equipamentos de aspersão, com aplicação uniforme no solo e/ou com tanques mecanizados, aplicação uniforme e localizada. No caso da distribuição da ARS com tanques mecanizados, exigem-se altos investimentos em equipamentos e sua ação é limitada pela topografia da área, além do fato de poder haver a compactação do solo devido ao trânsito das máquinas. Por outro lado, com investimentos similares, os sistemas de aspersão permitem a distribuição de maneira uniforme, com maior precisão e sem oferecer limitações relativas a trânsito na área ou quanto à topografia (KONZEN, 2003).

Apesar de ser mais vantajoso e representar uma economia ao produtor, os sistemas de aspersão exigem cuidados especiais, como a redução de elementos que podem entupir os equipamentos, tais como: pelos, plásticos, materiais sólidos, etc. Esses materiais constituem problema de entupimento dos equipamentos de aspersão e sua retenção poderá ser feita por um sistema de grades com barras verticais dispostas em série, com três a quatro distanciamentos diferentes entre as barras, em ordem decrescente da maior para a menor (10, 7 e 5 milímetros) (KONZEN, 2003).

É importante considerar ainda que quando se destina ao uso como fertilizante, a redução da quantidade de água nos dejetos suínos é fundamental, pois a concentração de nutrientes do esterco está diretamente relacionada com o teor de matéria orgânica. Assim, quanto maior for a quantidade de água nos dejetos, maiores serão os custos de armazenamento, transporte e aplicação (SHERER e BALDISSERA, 1994).

Na ARS, em torno de 2/3 do nitrogênio está na forma amoniacal, isto é, numa forma prontamente assimilável pelas plantas. Assim, quando aplicado no solo a forma amoniacal passa rapidamente para nitrato, ambas as formas são absorvidas pelas plantas, porém na forma de nitrato o nitrogênio é mais facilmente lixiviado pelas águas da chuva e, ao longo dos anos, ele é perdido para camadas mais profundas

do solo ou para águas subterrâneas. Apenas 1/3 do nitrogênio da ARS encontra-se numa forma mais estável e menos sujeito a perdas por volatilização e lixiviação no solo (SHERER e BALDISSERA, 1994).

Além disso, o fósforo da ARS está na forma orgânica e necessita ser mineralizado para ser absorvido pelas plantas. O potássio já está prontamente disponível às plantas logo após a aplicação da ARS.

Desta forma, é importante considerar que o nitrogênio por ser o elemento mais móvel no solo e sofrer uma série de transformações por parte de micro-organismos, deve receber uma maior atenção quando da utilização de ARS na adubação (SHERER *et al.*, 1996). Usada de maneira inadequada, a ARS pode se constituir em fonte de poluição ambiental, por isso seu uso deve ser planejado e coerente.

3.6 Extração

A extração é uma operação cujo objetivo é separar uma substância da matriz que a contém, seja ela sólida ou líquida, através de um solvente insolúvel na matriz (MARAMBIO, 2007).

De maneira geral, a extração por solvente é utilizada para separar e purificar compostos de substâncias indesejadas. Posteriormente, destila-se o solvente para obter a pureza desejada. A extração com solventes consiste basicamente na transferência de íons, específicos, de uma solução pouco concentrada para outra, mais concentrada (BIANCHI, 2012).

A extração consiste em dois processos: o de “dissolução”, rápido e fácil, e o de “difusão”, mais demorado, dependente da mistura de óleo e solvente através da parede celular semipermeável. Assim, durante a extração, a velocidade do desengorduramento dos grãos laminados é, no começo, muito rápida, decrescendo com o decurso do processo. Na prática, não ocorre extração completa. O menor conteúdo de óleo no farelo após a extração gira em torno de **0,5%** a **0,6%** (MANDARINO e ROESSING, 2001, p. 15).

Para ser eficiente o processo depende da diferença de solubilidade de um componente em duas fases miscíveis. No primeiro caso, uma extração líquido-

líquido, é necessária que o solvente tenha solubilidade. No segundo caso, uma extração líquido/soluto é necessária um baixo ponto de ebulição para facilitar a evaporação na etapa após a extração (destilação), e uma alta capacidade de dissolver a substância a ser extraída. Para diminuir a solubilidade do substrato orgânico na solução aquosa, utiliza-se um sal, podendo ser NaCl, para saturar a solução (BIANCHI, 2012).

Pelo fato das separações serem simples, limpas, rápidas e convenientes, a extração com solventes tem se constituído uma técnica mais moderna. Ela se configura como uma técnica em que uma solução (usualmente aquosa) é posta em contato com um segundo solvente (usualmente orgânico), essencialmente imiscível com o primeiro solvente, a fim de provocar uma transferência de um, ou mais de um, soluto, para o segundo solvente (BIANCHI, 2012).

A extração com solventes tem sido utilizada para obter maior rendimento ou produtos que não poderiam ser obtidos por outros processos. A técnica consiste em misturar o líquido a ser purificado ao solvente orgânico escolhido seguindo critérios favoráveis ao processo, quanto ao soluto e quanto à matriz inicial.

A solução do óleo no solvente é chamada “miscela” e o fator que define a velocidade de extração é a obtenção do equilíbrio no sistema óleo-miscela-solvente. As principais condições que facilitam o processo de difusão são a espessura dos flocos resultantes da laminação, a temperatura próxima ao ponto de ebulição do solvente 70°C, e a umidade apropriada do material (MANDARINO e ROESSING, 2001).

O processo de extração de óleo depende da dinâmica do óleo dissolvido, liberado com o rompimento das células na fase de preparo do material, e do óleo obtido da célula intacta, quando o solvente entra na célula e forma a miscela intracelular, que aumenta a pressão osmótica do meio, e altera a permeabilidade da membrana. A diferença de concentração entre o ambiente interno e externo age como força motriz, permitindo a difusão dos triglicerídeos para a miscela extracelular (REGITANO- D`ARCE, 1991).

Desse modo, torna-se fundamental o conhecimento das propriedades físicas e químicas dos compostos, bem como seu comportamento em soluções e solventes. Diversas operações de separação de compostos dependem dos dados de

solubilidade, afinidade química, polaridade, etc., destes compostos a fim de dimensionar o rendimento e o custo da operação (BIANCHI, 2012).

Existe uma série de solventes e misturas de solventes capazes de extrair o óleo do grão. O uso de um solvente apolar permite a extração de todos os lipídeos presentes no grão, e este, quando misturado a um solvente polar, permite um pré-refino. O ciclohexano é o solvente aplicado no processo industrial de extração de óleo, principalmente o de soja. Alguns métodos, como de Folch e Bligh&Dyer, uma mistura de clorofórmio e metanol, e o método de Hara&Radin, uma mistura de ciclohexano e isopropanol, permitem a purificação do óleo de alguns elementos menos apolares, que podem migrar para a fase polar (BRUM, 2004).

A Tabela 1 mostra o índice de polaridade (P') de alguns solventes, dentre eles, o etanol, que apresenta uma polaridade intermediária entre a água, polar, e o hexano, apolar.

Tabela 1. Polaridade de solventes

Solvente	P'
Ciclohexano	0,04
Hexano	0,1
Éter etílico	2,8
Cloroformio	4,1
Etanol	4,3
Metanol	5,1
Água	10,2

Fonte: Skoog, Holler e Nieman (2002).

O etanol hidratado é um solvente biodegradável e não tóxico, de grande potencial para a extração de óleo, podendo substituir o ciclohexano, composto derivado do petróleo e tóxico, como solvente de extração sem perdas de rendimento.

Na Tabela 2 tem um comparativo entre as características dos dois agentes extratores.

Tabela 2. Vantagens e desvantagens da extração com ciclohexano e etanol.

Ciclohexano		Etanol hidratado	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Ponto de ebulição 65-70°C	Derivado do petróleo	Derivado de fonte renovável, biodegradável e não é tóxico	Ponto de ebulição - 78°C
Seletivo aos compostos apolares	Alta inflamabilidade, explosividade e toxidez	O etanol apresenta uma pequena polaridade	Inflamável
Baixo calor latente de ebulição	Vapor de hexano mais denso que o ar	A extração com etanol promove um pré- refino	Miscível com a água
Imiscível com a água	Recuperação do solvente por destilação		

Fonte: adaptado de Solomons e Fryhle(2000)

Para efetuar a extração contínua de um solvente utiliza-se geralmente o extrator de Soxhlet. A substância sólida é colocada em um cilindro poroso (confeccionado de papel de filtro resistente) e este, por sua vez, é colocado no tubo interno do extrator de Soxhlet. Em seguida, o solvente contido no balão é levado à fervura branda, e seu vapor sobe pelo tubo condensa-se no condensador e cai no cilindro, enchendo lentamente o corpo do aparelho. Quando o solvente alcança o topo do tubo é arrastado para dentro do balão, transportando, assim, a quantidade de substância que extraiu no cilindro. O processo se repetirá automaticamente até que esteja completa a extração.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

Para este experimento foram utilizadas 28 amostras de soja produzidas a campo, fornecidas pelo Prof. Dr. Jonathan Dieter. A cultura foi produzida na Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina, com localização geográfica a 24° 17' 36" de latitude Sul e 53° 50' 26" de longitude Oeste e altitude de 348 metros. O clima é do tipo subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual de 1640 mm. O município apresenta temperatura média de 21° C e a UR do ar média de 76% (IAPAR, 2012).

A técnica do delineamento composto central rotacional (DCCR) foi utilizada para otimizar o número de experimentos para a produção da cultura. Os fatores independentes avaliados na produção da cultura da soja foram: taxa de água residuária da suinocultura (ARS), adubação mineral (ADM), intensidade de precipitação simulada (I_p) e declive do solo (i). O planejamento foi realizado em um fatorial 2^4 , com adição de quatro pontos centrais e 8 pontos axiais ($\alpha=(2^n)^{1/4}$), totalizando 28 ensaios, demonstrado na Tabela 3.

Na Tabela 4 encontra-se a matriz do planejamento com os níveis adotados na matriz do planejamento completo 2^4 , com os valores reais dos fatores independentes dos 28 ensaios realizados, (DIETER, 2013).

Tabela 3. Matriz do planejamento definindo os níveis estabelecidos (variáveis codificadas) e seus valores correspondentes (variáveis reais) para os quatro fatores estudados.

Fatores	Níveis				
	-2 (α)	-1	0	1	+2 (α)
ARS ($m^3 ha^{-1}$)	0	75	150	225	300
ADM (%)	0	25	50	75	100
I_p ($mm h^{-1}$)	45	60	75	90	105
i (%)	4	9	14	19	24

α): Pontos axiais calculado por $\alpha=(2^n)^{1/4}$, com $n=4$.

Fonte: Dieter 2013

Tabela 4. Matriz do planejamento completo 2⁴ com os valores reais dos fatores independentes:

Ensaio	ARS m ³ ha ⁻¹	ADM %	lp mm h ⁻¹	i (%)	Ensaio	ARS (m ³ ha ⁻¹)	ADM %	lp mm h ⁻¹	i %
1	150	50	45	14	1	0	0	-2	0
2	75	25	60	9	2	-1	-1	-1	-1
3	225	25	60	9	3	1	-1	-1	-1
4	75	75	60	9	4	-1	1	-1	-1
5	225	75	60	9	5	1	1	-1	-1
6	75	25	60	19	6	-1	-1	-1	1
7	225	25	60	19	7	1	-1	-1	1
8	75	75	60	19	8	-1	1	-1	1
9	225	75	60	19	9	1	1	-1	1
10	150	50	75	14	10	0	0	0	0
11	300	50	75	14	11	2	0	0	0
12	150	50	75	14	12	0	0	0	0
13	150	50	75	14	13	0	0	0	0
14	150	50	75	4	14	0	0	0	-2
15	150	50	75	14	15	0	0	0	0
16	0	50	75	14	16	-2	0	0	0
17	150	50	75	24	17	0	0	0	2
18	150	0	75	14	18	0	-2	0	0
19	150	100	75	14	19	0	2	0	0
20	75	25	90	19	20	-1	-1	1	1
21	225	25	90	19	21	1	-1	1	1
22	75	75	90	19	22	-1	1	1	1
23	225	75	90	19	23	1	1	1	1
24	75	25	90	9	24	-1	-1	1	-1
25	225	25	90	9	25	1	-1	1	-1
26	75	75	90	9	26	-1	1	1	-1
27	225	75	90	9	27	1	1	1	-1
28	150	50	105	14	28	0	0	2	0

Fonte: Dieter2013.

Utilizou-se etanol, produzido na Universidade Federal do Paraná, setor Palotina, com 94°GL fornecido pelo Prof. Dr. Joel Gustavo Teleken. Também

foi utilizado outro agente extrator de óleo de soja, o ciclohexano PA da empresa Merck®.

A extração de lipídeos da soja, foi realizada em sistema de Soxhlet, da marca Pirex®, com um balão volumétrico de 250 mL. Para a separação da fase lipídica e do solvente utilizou-se um rotaevaporador da marca Fisatom®, modelo 801 e uma centrífuga. Utilizou-se uma balança analítica para anotar as massas. Para a determinação das curvas de extração utilizou-se soja comercial Mais Vita® da empresa Yoki®.

Para o índice de acidez utilizou-se de 1 g de amostra de óleo, solução de éter etílico e etanol, na proporção de 2:1, solução indicadora de fenolftaleína 1%, solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,05 mol/L padronizado.

4.2 Métodos

4.2.1 Curvas de extração para etanol e ciclohexano

Empregou-se o método de extração sólido-líquido utilizando uma vidraria Soxhlet. Foi fixado um volume de 150 mL de solvente, velocidade/quantidade de 8 a 10 sifonagens por hora à temperatura constante e com fluxo de gotejamento entre 130 e 180 gotas por minuto.

Foram pesados aproximadamente 35 gramas de sementes de soja secas, que foram trituradas, colocadas em um papel filtro e acomodadas no Soxhlet.

A porcentagem de lipídeos extraídos para a construção das curvas de extração foi coletada hora em hora, em um total de oito horas, sendo que o início da extração se dava após a primeira sifonada.

Após o término do período de extração e arrefecimento da mistura, foi concentrado a vácuo em evaporador rotativo, sendo o solvente recuperado. Posteriormente levado a centrífuga para separar os lipídeos e elaborou um gráfico de porcentagem de óleo extraído em função do tempo.

4.2.2 Extração com etanol hidratado e ciclohexano do óleo das 28 amostras de soja com a aplicação dos fatores independentes.

Empregou-se o método de extração sólido-líquido utilizando vidraria soxhlet. Foi fixado um volume de 150 mL de etanol, velocidade/quantidade de 8 a 10 sifonagens por hora à temperatura constante e com fluxo de gotejamento entre 130 e 180 gotas por minuto.

Foram pesados aproximadamente 35 gramas de sementes de soja, trituradas e colocadas em um papel filtro e acomodadas no soxhlet. O tempo de extração foi de sete horas.

Após o término do período de extração e arrefecimento, a miscela foi concentrada *avácuo* em evaporador rotativo recuperando-se o solvente. Posteriormente, realizou-se a centrifugação para separar os lipídeos dos fosfolipídeos para determinação do índice de acidez.

4.2.3 Cálculo de porcentagem de óleo

De acordo com o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (1998), o método para a análise de teor de óleo de sementes de soja será o extrato etéreo. A aplicação desse método é para produtos ou subprodutos de origem animal e vegetal, rações e concentrados, desde que não submetidos a processo de extrusão, o aparelho extrator é do tipo soxhlet.

Neste sentido, o cálculo consiste no seguinte:

$$\text{Porcentagem de massa de óleo} = \frac{\text{massa de óleo obtida}}{\text{massa total de soja}} \times 100\%$$

4.2.4 Cálculo do índice de acidez (I.A.)

É definido como a massa (mg) de hidróxido de potássio necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em um grama de óleo ou gordura. A

acidez livre de um óleo decorre da hidrólise parcial dos glicerídeos, razão pela qual não é uma constante ou característica, mas sim, uma variável intimamente relacionada com a natureza da matéria prima, como por exemplo, o processamento e com as condições de conservação das sementes(MORETTO e FETT, 1998).

Foi utilizado o método AOCS Cd3d-63 (AOCS, 1993), adaptado para determinação do índice de acidez por titulação. Pesou aproximadamente 1 g de óleo de soja colocou em um frasco erlenmeyer de 125 mL, adicionou 25 mL de solução éter etílico – álcool (2:1) e logo após, três gotas do indicador fenolftaleína. As amostras foram tituladas com solução de hidróxido de sódio 0,05 mol/L até o aparecimento de coloração rósea, indicado o ponto de viragem. Os experimentos foram todos realizados em duplicata. E em seguida concluiu-se com os cálculos:

$$I_A = \frac{\text{mg da base}}{\text{g de lipídeos}}$$

4.2.5 Análise estatística

Para análise estatística utilizou-se do software Statistic[®]. A falta de “independência” entre os fatores independentes e as variáveis respostas inviabiliza uma análise de regressão múltipla. Por isso, optou-se nesse estudo em apresentar as médias com seus respectivos desvios padrões.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cinética de extração com etanol hidratado

Para a determinação da cinética de extração de óleo de soja com etanol utilizaram-se oito amostras de soja, que foram trituradas e acomodadas em extrator soxhlet. A extração de óleo foi sendo verificada de acordo com o decorrer do tempo, conforme está descrito na Tabela 5.

Tabela 5. Dados obtidos por extração em soxhlet com agente extrator etanol hidratado.

Tempo (h)	Massa de soja (g)	Massa de óleo (g)	Porcentagem de óleo (%)
1	35,378	1,034	2,92
2	35,055	1,289	3,67
3	35,099	1,485	4,23
4	35,341	2,775	7,85
5	35,131	3,226	9,18
6	35,674	3,556	9,97
7	34,990	3,486	9,96
8	35,264	3,678	10,42

O tempo utilizado para a extração com o etanol foi de seis horas, tendo em vista que a partir da quinta hora não houve aumento significativo da porcentagem de óleo extraída. Observou-se que a curva de extração estabilizou-se a partir da quinta hora.

5.2 Cinética de extração com ciclohexano

Para a determinação da cinética de extração de óleo de soja com ciclohexano utilizou-se oito amostras de soja, que foram trituradas e acomodadas em extrator soxhlet. A extração de óleo foi sendo verificada de acordo com o decorrer do tempo, conforme descrito na Tabela 6. Verifica-se que após 4 horas de extração de óleo, não ocorreu o incremento de óleo extraído.

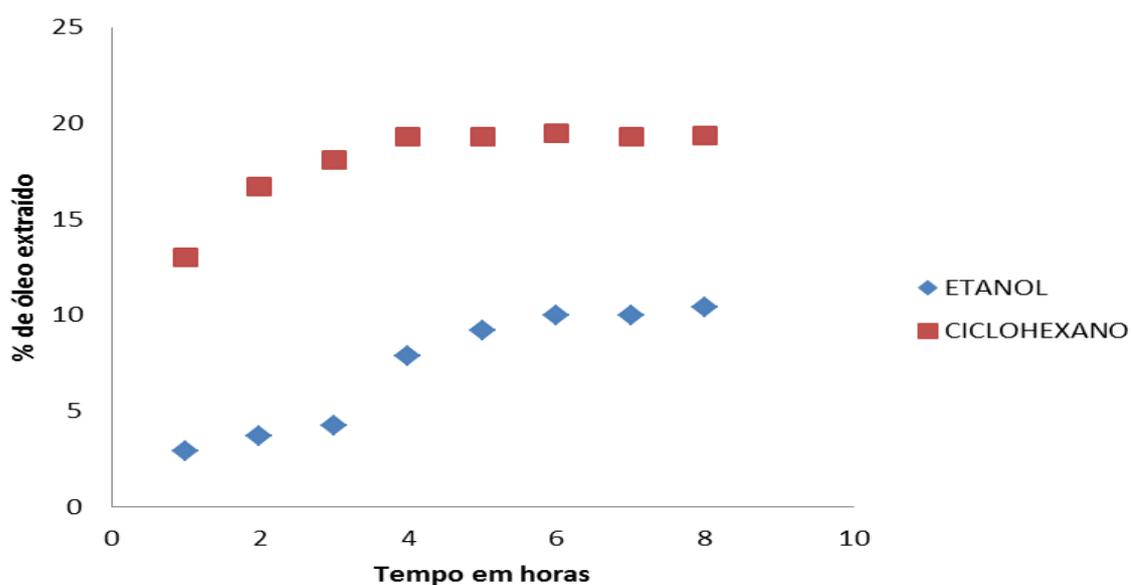
Tabela 6. Dados obtidos por extração em soxhlet com agente extrator ciclohexano.

Tempo (h)	Massa de soja (g)	Massa de óleo (g)	Porcentagem de óleo (%)
1	35,142	4,571	13,01
2	35,251	5,893	16,71
3	35,066	6,339	18,07
4	35,884	6,925	19,29
5	35,234	6,799	19,29
6	35,058	6,720	19,16
7	35,202	6,788	19,23
8	35,130	6,798	19,35

O tempo utilizado para a extração da soja com aplicação de ARS com o ciclohexano foi de quatro horas, onde observou-se o máximo de extração de lipídeos da soja atingindo 19,29 % de óleo. As variedades de soja comercialmente cultivadas no Brasil têm, segundo Bonato (2000), um teor de lipídeos variando entre 18 a 22 %.

No Gráfico 01 está a comparação da extração de óleo com extrator etanol e ciclohexano, de acordo com o transcorrer das horas.

Gráfico 1. Comparação da extração de lipídeos com etanol hidratado e com ciclohexano em função do tempo.



Observou-se que com o agente extrator ciclohexano o volume de óleo extraído foi maior do que com o extrator etanol, bem como o tempo gasto para a extração foi menor.

De acordo com Mandarino (2001) extração ocorre em duas etapas: inicialmente uma rápida e fácil chamada de “dissolução”, posteriormente uma etapa mais demorada que é a “difusão”. Dessa forma, no decorrer da extração, a velocidade de desengorduramento dos grãos laminados é, inicialmente, muito rápida, diminuindo com o avanço do processo.

Ainda, segundo este autor, a mistura do óleo com o agente extrator é dita “miscela” e a velocidade de extração é determinada pelo equilíbrio no sistema óleo-miscela-solvente. O ciclohexano contém características de um solvente apropriado: possui polaridade semelhante ao óleo o que permite se dissolver facilmente neste, não agindo sobre outros componentes dos grãos; é imiscível em água, com a qual não forma azeótropos; e tem baixo ponto de ebulição.

Rodrigues (2011) propôs que etanol com teores de água elevado, resulta em um aglomerado molecular, advindo de uma série de configurações de pontes de hidrogênio entre etanol e água. Independente da matriz oleaginosa verifica-se, no geral, que a extração de sólidos solúveis é afetada de maneira intensa pelo teor de água no solvente alcoólico.

Tendo isso em vista, o menor rendimento do etanol em relação ao ciclohexano pode ser explicado pelo fato do etanol utilizado nas extrações do óleo de soja com tratamento da ARS conter 6% de água. O etanol hidratado é menos polar em relação ao ciclohexano, fator que influencia para o rendimento da extração de lipídeos com este agente extrator.

5.3 Volume de óleo extraído por etanol das amostras de soja tratadas com ARS

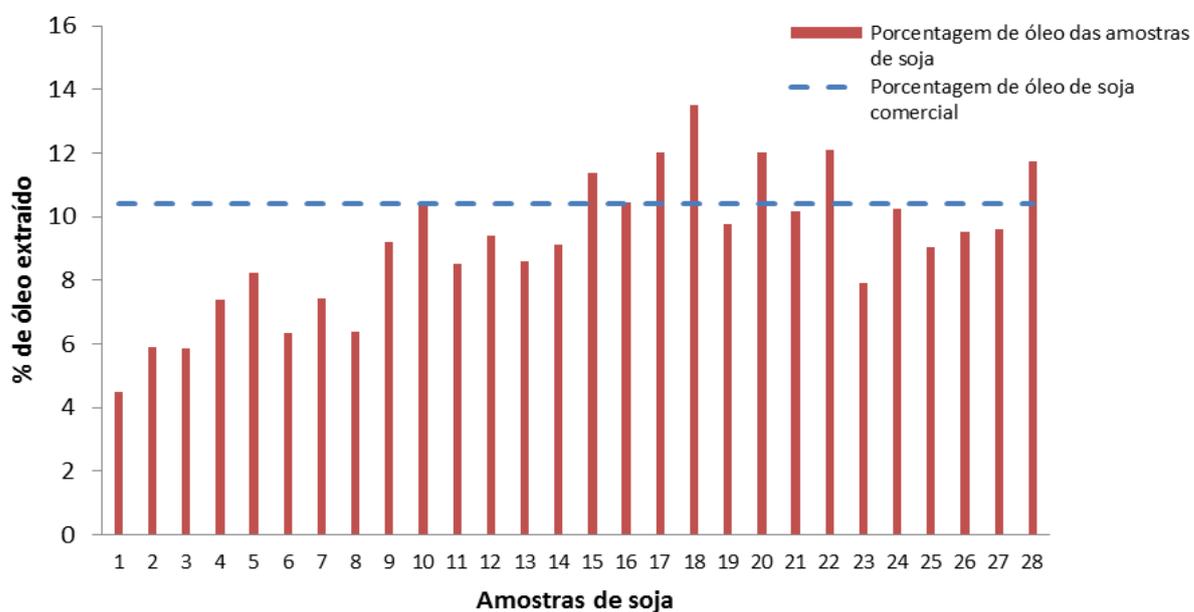
Na Tabela 7 estão os resultados das extrações para as 28 amostras de soja, com aplicação de ARS conforme planejamento apresentado por Dieter (2013).

Tabela 7. Extração de óleo com extrator etanol hidratado das amostras de soja tratada com ARS.

Amostras de soja	Massa de soja (g)	Massa de óleo (g)	Porcentagem de óleo (%)
1	35,096	1,580	4,5
2	35,572	2,097	5,89
3	35,457	2,079	5,86
4	35,710	2,639	7,39
5	35,253	2,904	8,20
6	35,434	2,49	6,34
7	35,102	2,613	7,45
8	35,102	2,236	6,37
9	35,228	3,239	9,19
10	35,117	3,664	10,43
11	35,095	2,990	8,51
12	35,252	3,119	9,41
13	35,339	3,043	8,61
14	35,635	3,248	9,11
15	35,206	4,010	11,39
16	35,211	3,680	10,45
17	35,603	4,285	12,03
18	35,130	4,745	13,50
19	35,188	3,429	9,74
20	35,090	4,218	12,02
21	35,718	3,625	10,14
22	35,113	4,248	12,09
23	35,771	2,855	7,89
24	35,117	3,596	10,24
25	35,105	3,169	9,02
26	35,104	3,343	9,52
27	35,114	3,371	9,60
28	35,138	4,119	11,72

Pode-se observar que as porcentagens de óleo extraído ficaram próximo ao da curva de extração para etanol hidratado com soja comercial, com exceção das amostras da 1 a 8, conforme Gráfico 2, onde se obteve valores de lipídeos menores que a soja comercial.

Gráfico 2. Comparação entre a extração de óleo por etanol hidratado na soja comercial e nas amostras com tratamentos dos fatores independentes.



5.4 Volume de óleo extraído por ciclohexano

O ciclohexano é o solvente orgânico mais utilizado no processo de extração de óleos, por ser mais seletivo, possuir estreita faixa de ebulição e ser imiscível com a água, o que evita misturas azeotrópicas (MORETTO e FETT, 1998).

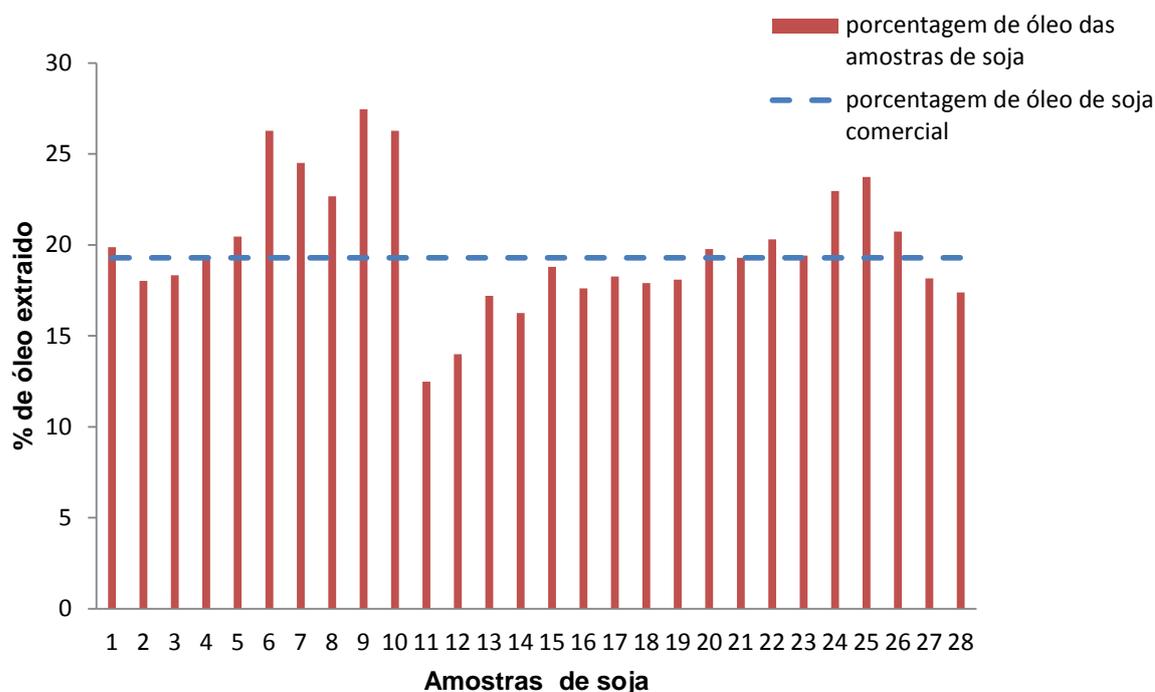
Na Tabela 8 estão os resultados das extrações com ciclohexano para as 28 amostras de soja, com a utilização dos fatores independentes.

Tabela 8. Extração de óleo com extrator ciclohexano das amostras de soja tratadas com os fatores independentes.

Amostras de soja	Massa de soja (g)	Massa de óleo (g)	Porcentagem de óleo (%)
1	35,218	6,998	19,87
2	35,514	6,399	18,02
3	35,213	6,457	18,33
4	35,261	6,815	19,32
5	35,455	7,256	20,46
6	35,240	9,261	26,28
7	35,486	8,695	24,50
8	35,562	8,062	22,67
9	35,229	9,670	24,45
10	35,192	9,248	26,28
11	35,355	4,414	12,48
12	35,138	4,914	13,98
13	35,347	6,080	17,20
14	35,753	5,812	16,25
15	35,281	6,628	18,78
16	35,178	6,197	17,61
17	35,239	6,434	18,25
18	35,269	6,313	17,90
19	35,456	6,415	18,09
20	35,606	7,042	19,77
21	35,428	6,836	19,29
22	35,510	7,210	20,30
23	35,193	6,831	19,41
24	35,19	8,081	22,96
25	35,449	8,414	23,73
26	35,254	7,307	20,72
27	35,093	6,370	18,15
28	35,394	6,154	17,38

Pode-se observar que as porcentagens de óleo extraído ficaram próximo ao da curva de extração para o ciclohexano que utilizou soja comercial, com exceção das amostras 7, 8, 9, 10, 24,25, conforme Gráfico 03, onde se obteve valores de lipídeos maiores que a soja comercial.

Gráfico 3. Comparação entre a extração de óleo por ciclohexano na soja comercial e nas amostras com tratamento dos fatores independentes.



5.5 Comparativo entre a extração com etanol hidratado e com ciclohexano

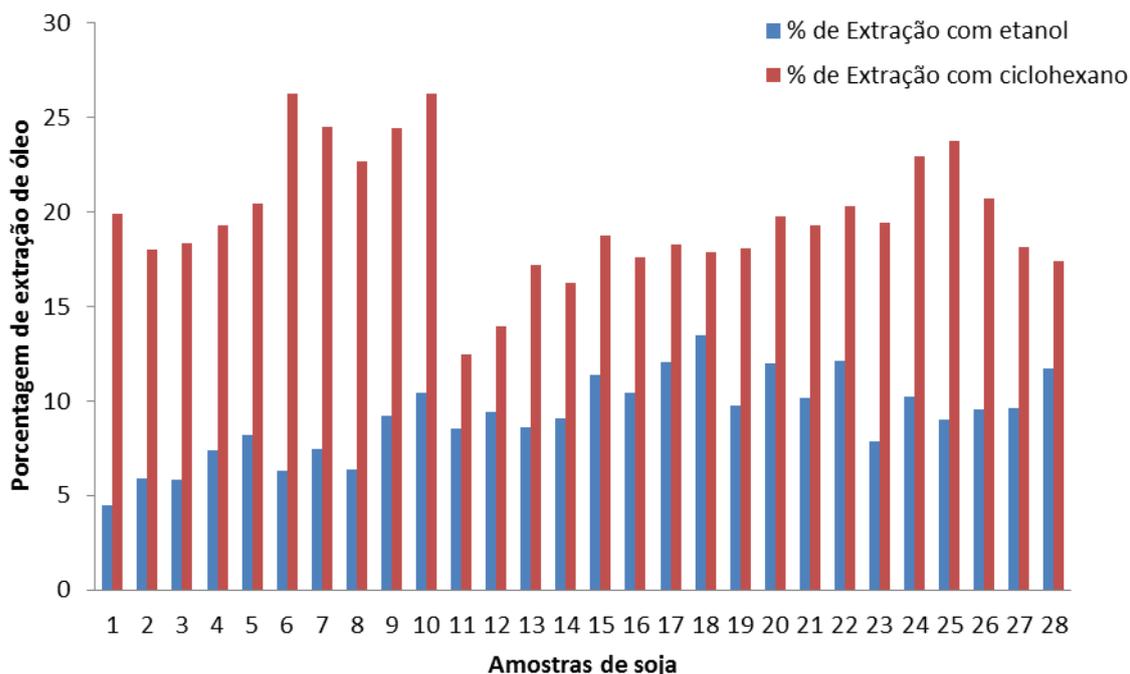
O etanol teve um rendimento menor de extração de lipídeos em comparação como ciclohexano, como pode-se observar no Gráfico 04. Segundo Sawada(2012), o etanol absoluto tem um rendimento de extração de óleos superior em relação ao etanol contendo 6% de água.

Sendo o ciclohexano o solvente mais empregado na extração de óleo de soja, devido as suas características de afinidade com os lipídeos, o aumento do teor de água no solvente suprime a extração de componentes lipídicos, devido diminuição da solubilidade do óleo. Em contraste, pode-se observar que a elevação da temperatura favorece a transferência de compostos lipídicos.

Em pesquisas sobre a miscibilidade de óleo de soja em etanol contendo diversas proporções de água, constatou-se que a menor concentração do etanol, ou

seja, o maior teor de água no solvente, reduz consideravelmente a solubilidade e que o aumento da temperatura eleva a miscibilidade do óleo no solvente, facilitando a transferência dos compostos entre as fases (OKATOMO, 1937).

Gráfico 4. Comparação entre a extração por etanol hidratado e por ciclohexano na soja tratada com os fatores independentes.

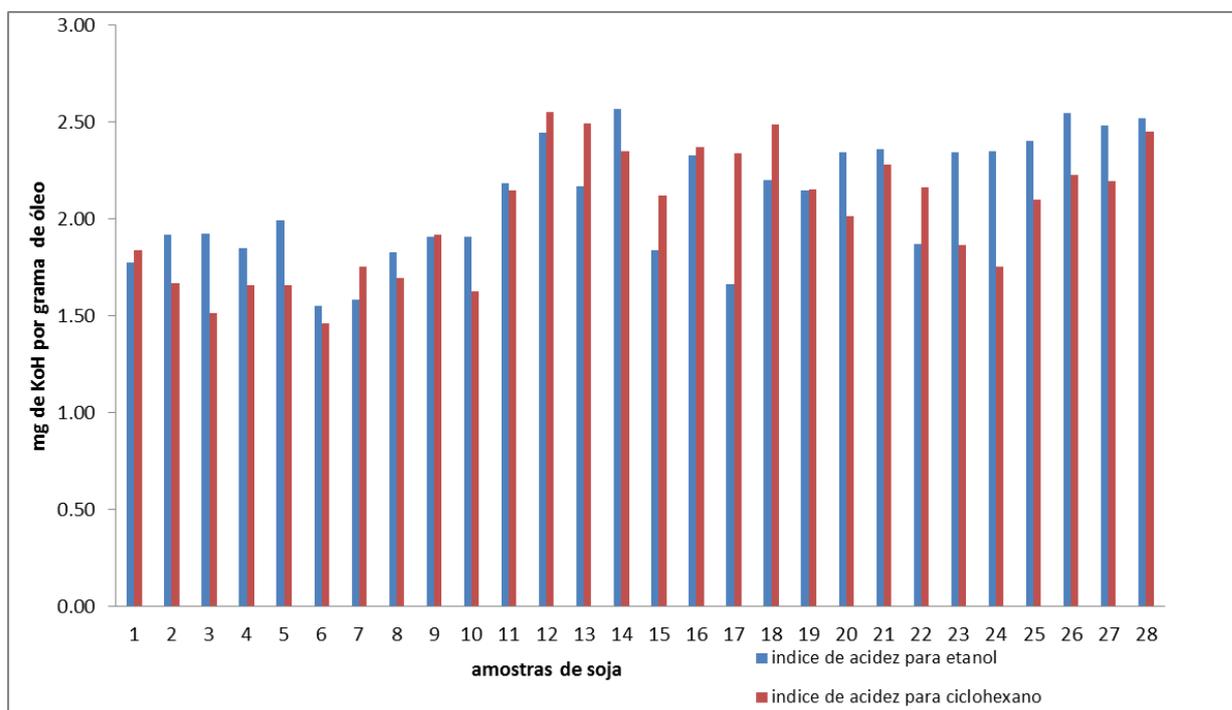


Com o experimento, observou-se que o percentual de óleo extraído foi maior com o extrator ciclohexano do que com o etanol, conforme descreve o gráfico 04.

5.6 Índice de acidez

Os índices de acidez para a extração da soja, não apresentou padrão de comportamento em relação aos agentes extratores. Observa-se no Gráfico 5, que em 64% dos ensaios o índice de acidez do óleo extraído pelo etanol foi maior que o índice de acidez do óleo extraído pelo ciclohexano.

Gráfico 5. Comparação entre o índice de acidez com extração com etanol e com ciclohexano.



Nota-se que os índices de acidez encontrados no estudo, são superiores ao encontrados na literatura. Segundo a Anvisa os óleos de soja bruto para ter boa qualidade e baixo teor de rancidez deve apresentar um índice acidez menor que 1mg de KOH.g⁻¹ e o óleo de soja refinado de soja tipo 1 deve apresentar um índice de acidez menor que 0,2 mg de KOH.g⁻¹.

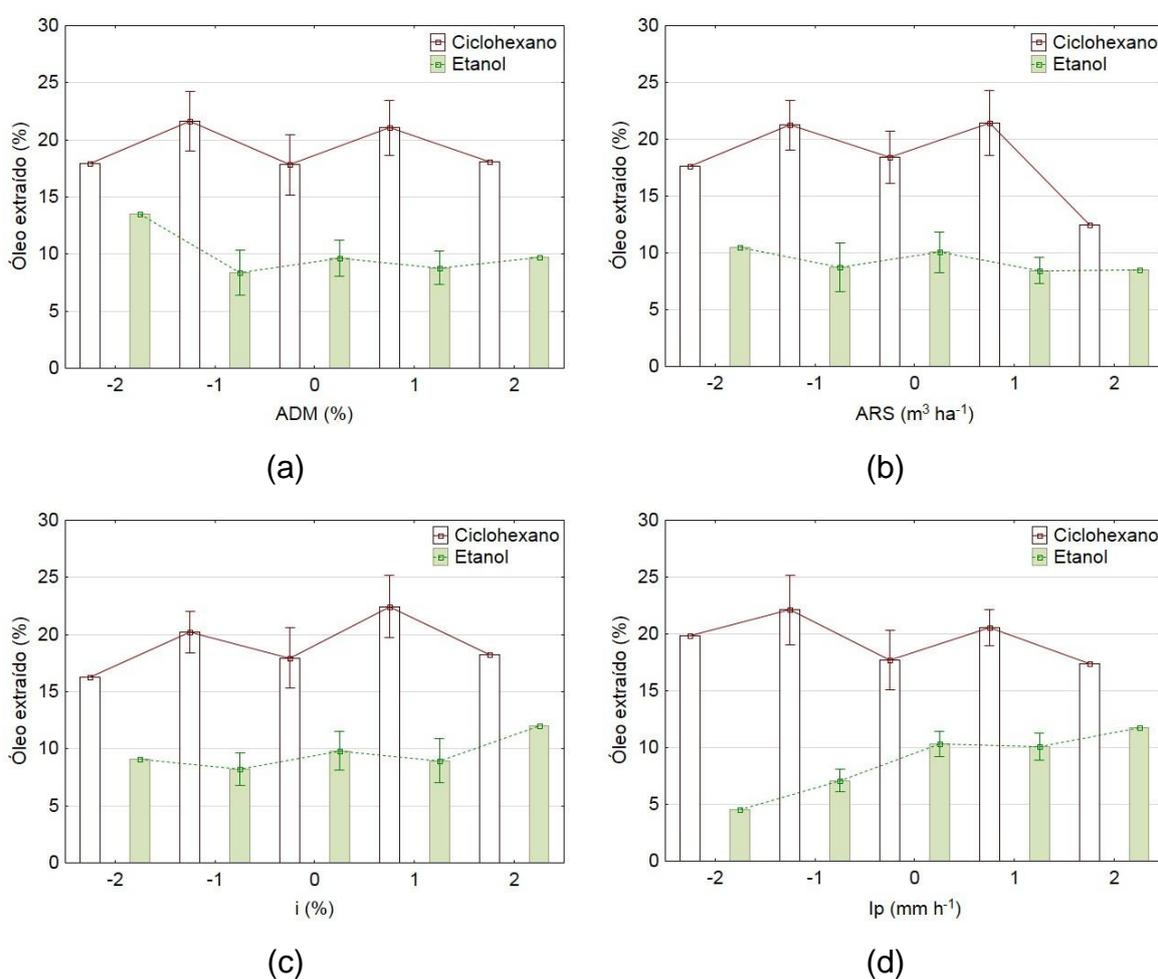
Tabela 9. Índice de acidez na extração com etanol hidratado e com ciclohexano.

Amostras de soja	Índice de acidez da extração com etanol	Índice de acidez da extração com ciclohexano
1	1,774	1,839
2	1,918	1,668
3	1,924	1,516
4	1,849	1,660
5	1,993	1,655
6	1,549	1,462
7	1,585	1,755
8	1,830	1,696
9	1,908	1,919
10	1,910	1,625
11	2,185	2,148
12	2,444	2,551
13	2,170	2,490
14	2,568	2,350
15	1,838	2,120
16	2,327	2,371
17	1,662	2,337
18	2,200	2,488
19	2,145	2,151
20	2,346	2,016
21	2,359	2,281
22	1,870	2,165
23	2,345	1,863
24	2,352	1,751
25	2,401	2,098
26	2,545	2,229
27	2,481	2,195
28	2,519	2,452

5.7 Influências dos fatores independentes sobre o volume de óleo produzido e índice de acidez

No gráfico 6 é possível observar as médias para teor de óleo extraído para os fatores independentes avaliados.

Gráfico 6. Teor de óleo extraído em função dos fatores: (a) adubação mineral, (b) água residuária da suinocultura, (c) declive do solo, (d) intensidade de precipitação simulada.



Verifica-se no gráfico 6 (a) que para as diferentes doses de ADM, o maior teor de óleo médio extraído com ciclohexano (21,62 %) foi obtido com para os ensaios com 25% da ADM recomendada para a cultura. Para o agente extrator etanol, o maior teor de óleo (13,50) ocorreu na 0% da ADM recomendada. Quando comparamos os dois agentes extratores nos máximos teores de óleos extraídos,

verificamos que o ciclohexano teve uma extração superior ao etanol em torno de 60%.

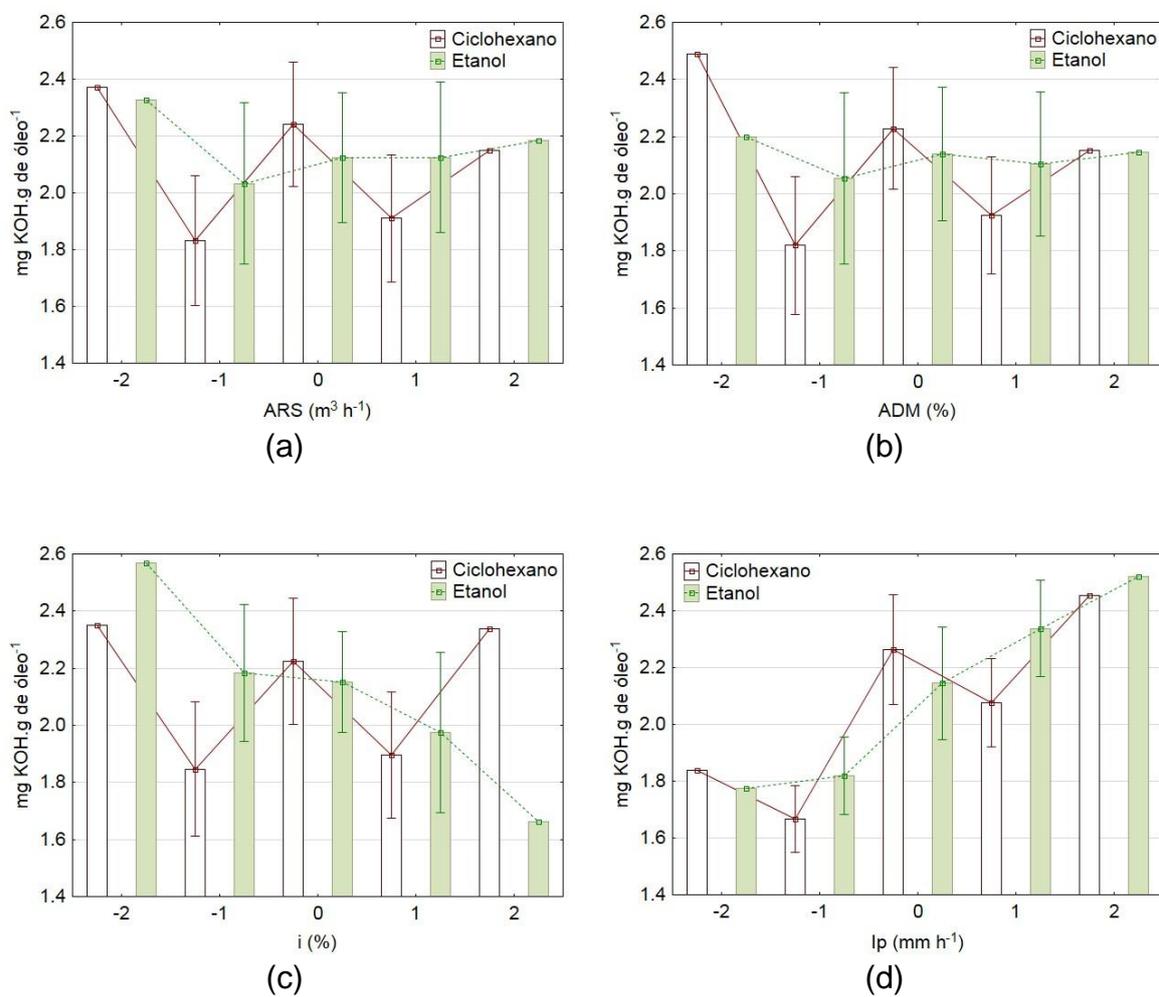
Quando avaliamos a ARS no Gráfico 6 (b), verificamos que para o agente extrator ciclohexano, o maior teor de óleo médio extraído foi igual a 21,41% com a dose de ARS de $225 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, enquanto o agente extrator etanol obteve o maior teor (10,92%) com a taxa de aplicação de ARS de $0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Avaliando os dois agentes extratores para este fator independente (ARS), verificamos comportamento semelhante ao ocorrido com a ADM, onde o ciclohexano conseguiu extrair em torno de 104% a mais de óleo, quando comparado ao etanol. Para os demais fatores independentes I_p e i , verifica-se comportamento semelhante à ADM e ARS quando comparado os dois agentes extratores. Os incrementos proporcionados pelo ciclohexano nos máximos valores dos teores de óleos extraídos foram de 86,2 % e 88,8%, respectivamente para i e I_p .

Observou-se que não houve aumento no volume de óleo extraído nas amostras de soja tratadas com ARS conforme demonstra Gráfico 06(b). Tal constatação também pode ser observada quando se levou em consideração os outros fatores: adubação mineral (ADM), intensidade de precipitação simulada (I_p) e declive do solo (i).

No Gráfico 7 é possível visualizar os valores médios para o índice de acidez para cada fator independente em função dos níveis do fator.

Nota-se no Gráfico 7 (a e b) que para as duas fontes de adubação (ARS e ADM), não houve uma tendência de aumento ou diminuição dos valores do índice de acidez com o aumento das doses dos fatores independentes para os dois agentes extratores. Para o fator i (Gráfico 7 (c)), quando do óleo extraído com etanol, verifica-se que o aumento da inclinação do solo proporcionou uma diminuição no índice de acidez do óleo. Quando avaliamos a I_p no Gráfico 7 (d), verificamos para os dois agentes extratores, que o aumento da I_p proporciona um aumento no índice de acidez, chegando a $2,52 \text{ mg KOH.g de óleo}^{-1}$ e $2,45 \text{ mg KOH.g de óleo}^{-1}$, respectivamente para etanol e ciclohexano.

Gráfico 7. Média do índice de acidez em função dos fatores.: (a) adubação mineral, (b) água residuária da suinocultura, (c) declive do solo, (d) intensidade de precipitação simulada.



6 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos pode-se concluir que:

- A estabilização na extração do óleo de soja ocorreu com quatro horas para o ciclohexano e oito horas para etanol.
- O agente extrator ciclohexano proporcionou uma maior extração do óleo, quando comparado com o etanol hidratado.
- Os fatores independentes avaliados não obtiveram influência estatística significativa sobre o teor de óleo produzido, indiferente do agente extrator;
- Os fatores independentes avaliados não influenciaram significativa sobre o índice de acidez.
- No caso da cultura da soja, a pesquisa apontou que a utilização de ARS combinada ADM, demonstrou que os índices de acidez aumentaram em relação os índices encontrados na literatura para óleo de soja bruto. Sobre o teor de óleo, quando extraído com ciclohexano, os teores estão de acordo com a literatura.

REFERÊNCIAS

BASSO, C. J.; CERRETA, C. A.; PAVINATO, P. S.; SILVEIRA, M. J. **Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia.** In: *Ciência Rural*, v. 34, n. 6, p. 1773-1778, 2004.

BIANCHI, Tatiane H. **Extração com solvente.** Disponível em: <<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Extra%C3%A7%C3%A3o-Com-Solventes/259950.html>> Acesso em: 15 de Novembro de 2013.

BONATO, E. R.; BERTAGNOLLI, P. F.; LANGE, C. E.; RUBIN, S. A. L. **Teor de óleo e de proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990.** In: *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n.12, p. 2394-2396, 2000.

BRUM, A. A. S. **Métodos de extração e qualidade da fração lipídica.** 2004. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Manual de Procedimentos analíticos; Alimentos para animais; método analítico 37.** Método nº. 10, folha 1, 1998.

COSTA, A. C. S.; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; TORMENA, A.; PINTRO, J. C. **Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com uréia.** In: *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 26, n. 4, p. 467-473, 2004.

CUSTÓDIO, Aline Ferrão. **Modelagem e simulação do processo de separação de óleo de soja-hexano por evaporação.** Campinas – SP: UNICAMP, 2003.

DAGA, Jacir. **Análise da adequação ambiental e manejo dos dejetos de instalações para suinocultura em propriedades na região oeste do Paraná.** In: *Eng. Agríc.* Vol. 27, nº. 3. Jaboticabal. Set./ Dez., 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162007000400001&script=sci_arttext> Acesso em: 15 de Outubro de 2013.

DIETER, J.; **Transferência de fósforo por escoamento superficial devido ao reuso de água residuária de suinocultura e à adubação mineral em solo cultivado com soja em diferentes declividades e intensidades de precipitação.** Cascavel – PR: UNIOESTE, 2013.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos.** Porto Alegre: Emater, 2002.

FAO. **Pollution from industrialized livestock production.** 2005. Disponível em <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 01 de Setembro de 2013.

FIRESTONE, D. (Ed.) **Physical and chemical characteristics of oils, fats, and waxes**. 2nd ed. Washington, D.C: AOCS Press, 2006.

HACK, E. C.; SATURNINO, P. M. F. DA C. **Geração de resíduos provenientes da suinocultura na região Oeste do Paraná: um caso de insustentabilidade**. In: Scientia Agraria Paranaensis, Volume 10, número 2 - 2011, p. 21-36. Cascavel – PR: UNIOESTE, 2011.

HAMMOND, E. G.; JOHNSON, L. A.; SU, C.; WANG, T.; WHITE, P. J. Soybean Oil. In: SHAHIDI, F. (Ed.) **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**. v.02 (six volume set), 6th ed. New Jersey: John Wiley and Sons, 2005. Cap. 13, p.577-650.

KONZEN, Egídio Arno. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. V Seminário Técnico da Cultura de Milho – Videira, SC – agosto/2003.

MANDARINO, José Marcos Gontijo; ROESSING, Antônio Carlos. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descriçãodas etapas, equipamentos, produtos e subprodutos**. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

MARAMBIO, O. G. **Métodos Experimentales en Química Orgânica**. Editorial Universidad Tecnológica Metropolitana. Pizarro DC.1a Ed. UTEM, Mayo 2007.

MORETTO, E.; FETT, R. **Definição de óleos e gorduras tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1998.

OKATOMO, S. **Studies on the alcoholic extraction of soybean oil**. In: Contemporary Manchuria. Manchuria, v.1, n.3, p.83–101, 1937.

OLIVEIRA, P. A.V. **Escolha do sistema para o manejo dos dejetos de suínos: uma difícil decisão**. Florianópolis -SC: EMBRAPA, 2000.

OLIVEIRA, A.R. de Jr. **Manejo de dejetos**.1994.Disponível em: www.conpassu.com.br/dejetos. Acesso em: 16 de Outubro de 2013.

REGITANO-D`ARCE, M. A. B. Extração e refino de óleos vegetais. In: OETTERER, M.; REGITANO-D`ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. São Paulo. Manole, 2006c. cap. 7, p. 300-351.

RODRIGUES, Christianne Elisabete da Costa. **Utilização de solvente biorenovável nos processos de extração e desacidificação de óleos vegetais**. Pirassununga – SP: USP, 2011.

SAWADA, Mirian Meguimi. **Estudo da viabilidade técnica da substituição de hexano por etanol no processo de extração de óleo de soja: cinética de extração e índices de qualidade**. Pirassununga – SP: USP, 2012.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da Região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante.** EPAGRI, Boletim Técnico 79. Florianópolis – SC: 1996.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. DERAL – Departamento de Economia Rural. **SOJA:** análise da conjuntura agropecuária. Outubro de 2012. Disponível em: < http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja_2012_13.pdf>. Acesso em: 15 de Outubro de 2013.

SEIDEL, Edleusa Pereira; GONÇALVES JUNIOR, Affonso Celso; VANIN, João Paulo; STREY, Leonardo; SCHAWANTES, Daniel; NACKE, Herbert. **A aplicação de dejetos suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto.** In: Acta Scientiarum. Technology. v. 32, nº. 2, p. 113-117, Maringá – PR: 2010.

SHERER, E. E. BALDISSERA, I. T. **Aproveitamento dos dejetos suínos como fertilizante.** In: Dia de Campo sobre manejo e utilização de dejetos suínos. Concórdia – SC: EMBRAPA-CNPISA Documentos, 32, 1994.

Sistema de produção de suínos em cama sobreposta “deepbedding.9º Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura. Gramado – RS: 2001.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. Cromatografia líquida de altaeficiência. In: _____. **Princípios de análise instrumental.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. p. 657.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Organicchemistry.** 7. ed. New York: John Wiley& Sons, 2000.

SWERN, D. (Ed.) **Bailey’s Industrial Oil and Fat products.** 3rd ed. New York: Wiley and Sons. 1964.

TURNER, J. **Ganaderia industrial y medio ambiente.** Compassion in World Farming Trust.Hampshire: Petersfield, Octubre, 1999.