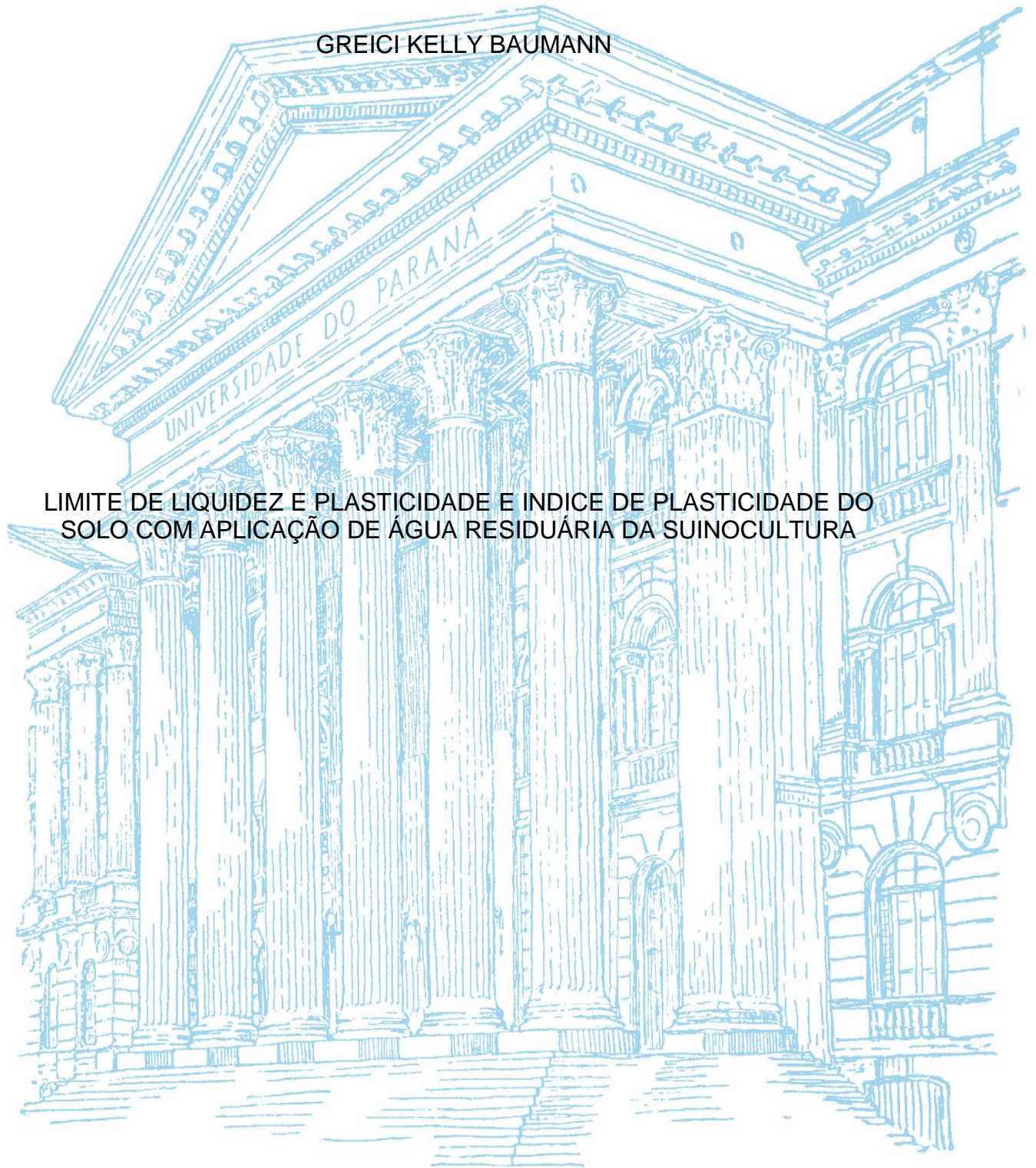


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GREICI KELLY BAUMANN



LIMITE DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE E ÍNDICE DE PLASTICIDADE DO SOLO COM APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA

PALOTINA
2015

GREICI KELLY BAUMANN

LIMITE DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE E INDICE DE PLASTICIDADE DO SOLO
COM APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito para obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma da Universidade Federal do
Paraná – Setor Palotina.

Orientador: Prof. Dr. Jonathan Dieter

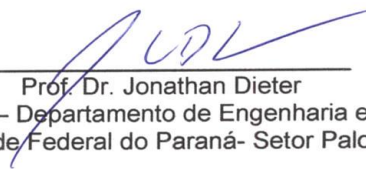
PALOTINA
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

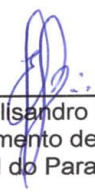
GREICI KELLY BAUMANN

**LIMITE DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE E ÍNDICE DE PLASTICIDADE
DO SOLO COM APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA
SUINOCULTURA**

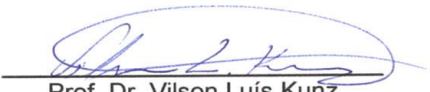
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma no curso de Agronomia, pela seguinte banca
examinadora:



Prof. Dr. Jonathan Dieter
Orientador – Departamento de Engenharia e Exatas
Universidade Federal do Paraná- Setor Palotina – UFPR



Prof. Dr. Elisandro Pires Frigo
Docente – Departamento de Engenharia e Exatas
Universidade Federal do Paraná- Setor Palotina – UFPR



Prof. Dr. Vilson Luís Kunz
Docente – Departamento de Ciências Agronômicas
Universidade Federal do Paraná- Setor Palotina – UFPR

Palotina, 15 de dezembro de 2015

AGRADECIMENTO

Quero agradecer primeiramente a Deus por ter me guiado e me iluminado, no decorrer destes anos, para que eu pudesse sempre persistir e nunca desanimar.

Aos meus pais, Odenir Baumann e Rosemere Baumann pelo amor incondicional e pelo apoio, sempre me incentivando e acreditando em mim, me dando forças, me fazendo ter vontade de sempre dar o melhor de mim em todas as atividades realizadas, porque sei que este sonho além de meu e deles também.

Ao meu irmão Leandro Baumann, pelo amor, compreensão e pelo incentivo sempre recebido de sua parte.

Ao Jefferson Nardi, que é acima de tudo meu melhor amigo, o meu muito obrigada pelo incentivo e apoio sempre.

Aos meus professores, pelos conhecimentos adquiridos e pelos esforços e empenho de cada um para dar o seu melhor, para o futuro profissional de minha turma.

Um agradecimento especial para o meu Orientador, Jonathan Dieter, que não mediu esforços para a realização deste trabalho.

A minha gratidão, aos colegas que de uma maneira ou outra contribuíram no trabalho, Emanuelli Bastos Garcia, Camila Schmidt, Rayssa Fernanda, Maikon Yamada Danilussi, Marlon Rodrigo Dupont e Thiago Luis Delai.

RESUMO

A Água Residuária da Suinocultura (ARS) é uma fonte de matéria orgânica que pode ser aplicada ao solo, influenciando em suas características físicas, químicas e biológicas. Sendo que, estas características podem atuar diretamente no manejo da compactação do solo. Uma vez que, a compactação esta relacionada diretamente com o desempenho e desenvolvimento da planta, por ocasionar resistência à penetração no solo, como também a diminuição da infiltração da água. A matéria orgânica mineralizada, proporciona um efeito de amortecimento no solo, o que ocasionará dispersão da força aplicada. Além disso, também possui uma capacidade de reter água junto as suas partículas impedindo a lubrificação destas, como também pode aumentar a coesão entre as partículas do solo por meio de suas ligações e reduzir a densidade do solo. Deste modo, este trabalho teve como objetivo avaliar na cultura de milho a influência da matéria orgânica da ARS, no limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e no Índice de plasticidade (IP) do solo, sendo estes parâmetros de suma importância em relação à compactação do solo, pois influenciam na umidade ótima de compactação. A partir disso, os tratamentos utilizados neste experimento foram divididos em cinco tratamentos com braquiária e cinco tratamentos sem braquiária, totalizando 10 tratamentos com três repetições cada, dentre estes encontraram-se as doses de $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARS, $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e um tratamento com NPK (fertilizante químico recomendado), utilizados para os tratamentos sem e com braquiária. A ARS foi aplicada de forma manual com o auxílio de regadores, sendo feita somente uma aplicação, antes da instalação da cultura de milho. Foram retiradas amostras de solo antes da aplicação da ARS, para comparação com os resultados finais, em três profundidades sendo estas de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm. Logo após a retirada da cultura foram coletadas amostras de cada parcela do experimento. Realizaram-se os testes de limite de liquidez e limite plasticidade do solo para todas as profundidades descritas. Os resultados obtidos pelo teste de tukey a nível 5% de probabilidade demonstraram não houve diferença estatística entre os tratamentos, exceto o resultado para a camada de 0-10 cm que deu significância em relação ao consórcio, destacando os tratamentos sem braquiária. Deste modo, deve-se realizar estudos com maior tempo de observação, pois a matéria orgânica pode influenciar nas características físicas do solo, aumentando a capacidade de absorção de água, sem que este entre no período de umidade ótima para a compactação.

Palavra chave: Física do solo; umidade ótima; reuso agrícola;

ABSTRACT

The swine wastewater (ARS) is a source of organic matter that can be applied to the soil, and acting on their physical, chemical and biological. Since these characteristics can act directly in the management of soil compaction. Since the compression is directly related to performance and development of the plant, by causing resistance to penetration in the soil as well as decreasing the infiltration of water. The mineralized organic matter provides a damping effect on the soil, which will cause dispersion of the force applied. It also has a capacity to retain water along its particles preventing the lubrication of these, but can also increase the cohesion between the soil particles through their connections and reduce soil density. Thus, this study aimed to evaluate the maize crop the influence of the organic matter of the ARS, the liquid limit (LL), plastic limit (PL) and plasticity index (IP) ground, and these parameters paramount importance in relation to soil compaction, as they influence the optimum moisture content. From this, the treatments used in this experiment were divided into five treatments brachiaria and five treatments without brachiaria, totaling 10 treatments with three repetitions each, among them met the doses of 0 m³ ha⁻¹ ARS 25 m³ ha⁻¹, 50 m³ ha⁻¹, 100 m³ ha⁻¹ and treatment with NPK (recommended chemical fertilizer), used for treatments with and without brachiaria. The swine wastewater was applied manually with the help of sprinklers, only being made an application before installing the maize crop. Soil samples were taken before the ARS application for comparison with the final results, and these three depths from 0 to 10 cm, 10 to 20 and 20 cm to 30 cm. Soon after the withdrawal of culture samples were collected from each part of the experiment. There were liquidity limit threshold tests and plasticity of the soil for all depths described. The results obtained by Tukey test at 5% probability level showed no difference between the statist processed than the result for the 0-10 cm layer that has significance in relation to the consortium, highlighting treatments without brachiaria. Thus, studies should be performed with longer observation time, because the organic matter can influence the physical characteristics of the soil, increases the capacity of water absorption, without this optimum moisture between the period for compression.

Keyword: Soil Physics; OMC; agricultural reuse;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO REFERENCIADA	7
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
3. METODOLOGIA.....	12
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	12
3.2 DELINIAMENTO EXPERIMENTAL.....	12
3.3 TRATAMENTO.....	12
3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	13
3.5 AMOSTRAGEM DE SOLO	16
3.6 DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ E LIMITE DE PLASTICIDADE ...	16
3.7 TRATAMENTO ESTATISTICO.....	19
4. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	21
5. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS	34
ANEXO	37

1. INTRODUÇÃO REFERENCIADA

Com o avanço da integração na área de produção suína, houve uma melhora nos sistemas de manejo e também no melhoramento genético animal, através do aprimoramento de raças para um melhor desenvolvimento produtivo, envolvendo as áreas de nutrição e sanidade, o que fez com que a suinocultura tivesse um avanço em escala de produção, possibilitando uma ampliação dos rebanhos (HOMEM, 2014).

Este avanço resultou em uma maior concentração de animais por área, o que gerou de certa forma, um maior acúmulo localizado de dejetos suínos, sendo este um assunto de ampla importância ambiental (SOARES, 2012). Pois, por falta de conhecimento e orientações das devidas formas de distribuição desta Água Residuária da Suinocultura (ARS) no solo, proporciona possíveis contaminações ambientais (SERAFIM; GUIMARÃES FILHO, 2012), ocasionadas principalmente pela aplicação indiscriminada de dejetos suínos sem critérios agronômicos, que podem gerar alterações físicas e químicas do solo, além de prejudicar a absorção e reciclagem de nutrientes (VIVAN et al., 2010).

Deste modo, tem-se uma grande necessidade de conhecimentos do manejo da ARS, para uma aplicação adequada dos dejetos suínos, para que estes, não causem prejuízos ao meio ambiente (SOARES, 2012) e possam ser utilizados para a aplicação na agricultura, acarretando em incrementos nas produtividades agrícolas, devido o seu valor nutricional.

Segundo o autor Teixeira (2012), o dejetos suíno é considerado um composto orgânico, que possui um elevado potencial fertilizante, sendo constituído de fezes, urina, sobras de ração, água e outros resíduos. Neste mesmo contexto, na ARS encontram-se os nutrientes, que possuem seus teores variáveis por ser uma fonte orgânica. Deste modo, essa variação ocorre por causa da influência da composição bromatológica do dejetos suíno (DS), sendo constituído de matéria seca (MS), Ca, K, P e N, que são os principais nutrientes encontrados em sua composição (TELES, 2013).

A ARS, após ser mineralizada, disponibiliza seus nutrientes para uma melhor absorção pelas plantas, desta forma, aperfeiçoa o aproveitamento dos nutrientes

contidos no dejetos, podendo ser absorvidos da mesma forma que os fertilizantes minerais (SEGANFREDO, 2007).

Contudo, a ARS pode ser considerada um adubo com grande potencial nutricional, que se tiver uma aplicação feita de forma adequada e racional, acarretará em benefícios para a agricultura, juntamente com o benefício ambiental, como por exemplo, fonte de nutrientes e água para as plantas, redução do uso de fertilizantes e de seu potencial poluidor (ERTHAL et al., 2010).

Uma característica física do solo que está intrinsecamente relacionada com o desempenho no desenvolvimento das plantas é a compactação. Sendo que, esta se caracteriza por ser um processo que proporciona à redução da infiltração de água no solo, devido à diminuição da porosidade, ocasionando o aumento do escoamento superficial e da resistência à penetração do solo (SILVA, 2000; LUCIANO et al, 2012). Tal fato faz com que se tenha um menor desenvolvimento radicular da planta, prejudicando principalmente a absorção de nutrientes e água, resultando em menor produtividade (SILVA, 2000; LUCIANO et al, 2012).

A compactação do solo em áreas cultiváveis ocorre principalmente pela translocação de máquinas e implementos agrícolas (RODRIGUES, 2009), uma vez que certas atividades agrícolas, como, o controle de pragas e doenças por meio de pulverizações ou mesmo colheita mecanizadas fazem com que haja a necessidade do uso destas máquinas em períodos inadequados para o tráfego na área (BRAIDA et al, 2006)

O tráfego de máquinas, ocasionará uma elevação na densidade do solo, por consequência do acercamento das partículas sólidas (SEVERIANO et al, 2010), deste modo, a água que se encontra entre as partículas do solo age como um lubrificante entre estas, facilitando a compactação quando o solo estiver sob qualquer tipo de pressão. Desta forma, quando a umidade do solo estiver próxima ao limite de plasticidade este terá uma maior suscetibilidade a compactação, assim sendo um período não indicado para o tráfego de máquinas em lavouras (LUCIANO et al, 2012).

Mesmo com a evolução da agricultura, onde que máquinas e implementos tiveram o seu nível tecnológico acrescido, não houve um avanço proporcional do peso das máquinas com a largura dos pneus, fazendo com que o risco de compactação das áreas agrícolas tecnificadas seja maiores (SILVA, 2000).

Desta forma é de imensa importância que seja desenvolvidas técnicas que diminuam a compactação por máquinas e implementos agrícolas como também o aprimoramento de técnicas de manejo e conservação do solo que visam melhorar a resistência do solo a compactação (BRAIDA et al, 2006)

Segundo Braida et al. (2010), os resíduos orgânicos presentes no solo possuem a capacidade de elevar a resistência do solo à compactação. Isto ocorre devido à matéria orgânica possuir um efeito de amortecimento, o que resultará na dispersão da força aplicada ao solo, também possui uma capacidade de reter água junto as suas partículas impedindo a lubrificação das partículas pela ação da água, como descrito anteriormente, além disso, a matéria orgânica pode aumentar a coesão entre as partículas do solo por meio de suas ligações e reduzir a densidade do solo (BRAIDA et al, 2006) com a elaboração de poros com diâmetros maiores, que acarretará em uma melhor aeração do solo e drenagem da água (VASCONCELOS et al, 2010).

A partir disto, a matéria orgânica possui grande importância para as lavouras mecanizadas, pois o seu incremento resultará em um aumento da umidade ideal para o manejo das áreas agrícolas por meio da elevação da faixa de limite de contração e de plasticidade do solo (TAVARES et al, 2012).

O limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP) do solo estão ligados intimamente com o índice de plasticidade (IP), uma vez que o LL indica o estado em que o solo se encontra na passagem do estado plástico para o líquido, e o LP é a passagem do estado plástico para o estado semi-sólido do solo, desta forma podemos observar que, conhecendo o limite de liquidez de um solo e o limite de plasticidade, tem-se conhecimento do intervalo em que o solo se encontra no estado plástico (ALMEIDA, 2005). Estado este de suma importância, pois este intervalo indica que o solo pode sofrer modificações sem que ocorra alteração no volume do mesmo, em outras palavras, permite que o solo sofra algum tipo de pressão, como a de máquinas e implementos agrícolas, sem prejuízos em relação a sua estrutura física, o que favorece em momentos que se torna necessário algum tipo de mecanização na lavoura com o solo úmido. Desta forma, o IP indica o período em que o solo se encontra em estado plástico.

A umidade do solo está ligada diretamente com estas análises, onde quanto maior o valor da porcentagem de umidade absorvida no estado plástico, maior é a capacidade do solo em resistir à compactação, uma vez que o solo necessita de

uma maior quantidade de água para entrar no estado tido como líquido, onde irá ocorrer mais facilmente a compactação.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o limite de liquidez, o limite de plasticidade e o índice de plasticidade do solo por meio da aplicação de água residuária da suinocultura.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Avaliação do limite de liquidez do solo;
- Determinação do limite de plasticidade do solo;
- Relacionar a influência do limite de liquidez e o limite de plasticidade com compactação do solo.
- Determinar o Índice de Plasticidade de acordo com o limite de liquidez e limite de plasticidade encontrado.

3. METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A pesquisa foi conduzida em uma área localizada no município de Toledo-PR, no distrito de Vila Nova, possuindo em sua localização geográfica as coordenadas 24°33'57" de latitude Sul e 53°48'20" de longitude Oeste, com uma altitude de 470 metros em relação ao nível do mar. O solo desta área é classificado como um Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRABA, 2013). A precipitação média anual varia de 1600 mm a 1800 mm e a umidade relativa com variância de 75 a 80% (CAVIGLIONE,2000).

3.2 DELINIAMENTO EXPERIMENTAL

A distribuição das parcelas foi realizada na forma de um delineamento experimental de em parcelas subdivididas, tendo como tratamento primário o consórcio ou não do milho com braquiária e, tratamento secundário cinco doses de adubação, totalizando 10 tratamentos com 3 repetições.

3.3 TRATAMENTO

Foram avaliados os tratamentos na cultura do milho, com e sem consórcio com braquiária, em cinco níveis de adubação. Os tratamentos empregados no experimento estão descritos na TABELA 1.

TABELA 1 – TRATAMENTOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO

Tratamento	Adubação	Braquiária
T1	0 m ³ . ha ⁻¹ de ARS	Sem
T2	25 m ³ . ha ⁻¹ de ARS	Sem
T3	50 m ³ . ha ⁻¹ de ARS	Sem
T4	100 m ³ . ha ⁻¹ de ARS	Sem
T5	206 kg. ha ⁻¹ de NPK	Sem
T6	0 m ³ . ha ⁻¹ de ARS	Com
T7	25 m ³ . ha ⁻¹ de ARS	Com
T8	50 m ³ . ha ⁻¹ de ARS	Com
T9	100 m ³ . ha ⁻¹ de ARS	Com
T10	206 kg. ha ⁻¹ de NPK	Com

3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Na área utilizada para o experimento o manejo adotado é o de plantio direto, sendo utilizada para a produção de grãos, com rotação da cultura de soja (safra) e milho (safrinha). Deste modo, o solo cultivado possui uma cobertura de massa seca proveniente da safra anterior.

As parcelas experimentais foram feitas nas dimensões de 3 metros de largura e com 3,6 metros de comprimento, obtendo-se em cada parcela 10,8 m² de área útil. Entre as parcelas deixou-se um corredor de 1 m de largura.

A caracterização química inicial solo foi realizada de 0-20 cm de profundidade. Na TABELA 2 encontra-se as características químicas do solo.

TABELA 2 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA ARS UTILIZADA NO EXPERIMENTO

Parâmetros	Unidade	Resultados	Interpretação
pH CaCl ₂		4.50	
Cobre	mg/dm ³	12.67	Alto
Zinco	mg/dm ³	4.88	Alto
Ferro	mg/dm ³	25.95	Médio
Manganês	mg/dm ³	268.10	Alto
Cálcio	Cmol _c /dm ³	2.95	Médio
Magnésio	Cmol _c /dm ³	1.13	Alto
Potássio	Cmol _c /dm ³	0.32	Alto
Alumínio	Cmol _c /dm ³	0.58	Médio
H + Alumínio	Cmol _c /dm ³	7.76	Alto
Soma de bases	Cmol _c /dm ³	4.40	Médio
C T C pH 7.0	Cmol _c /dm ³	12.16	Alto
Carbono	g/dm ³	16.00	Alto
M. Orgânica	g/dm ³	27.52	Alto
Sat. Alumínio	%	11.65	Médio
Sat. Bases	%	36.18	Baixo

A ARS utilizada no experimento era proveniente de uma granja de terminação de suínos e foi coletada na saída da lagoa de estabilização. A aplicação das doses de ARS foi realizada manualmente, com o auxílio de regadores. A ARS aplicada foi caracterizada quanto aos seus aspectos físicos, químicos e biológicos segundo metodologia de APHA, (1995). Como demonstrado na Tabela 3 a seguir.

TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO UTILIZADA NO EXPERIMENTO

Parâmetros	Unidade	Resultados
Nitrogênio	g/L	9,13
Fósforo	g/L	0,59
Potássio	g/L	3,2
Cálcio	g/L	10,24
Magnésio	g/L	2,78
Enxofre	g/L	6,51
Carbono	g/L	5,11
Matéria Orgânica	g/L	8,78
Cobre	mg/L	19,16
Zinco	mg/L	30,44
Manganês	mg/L	607,2
Boro	mg/L	8,91
PH		7,1

* Análise realizada no Laboratório Solanálise.

A cultivar de milho utilizada no experimento pertence à variedade 2B587 PW, Dow Agros-ciense, um híbrido precoce, com tecnologia PowerCore™ no controle das principais lagartas que atingem a cultura do milho, com níveis de germinação de 85%. A braquiária empregada é a Braquiaria ruziziensis, uma das mais utilizadas em consórcio com o milho.

A semeadura do milho foi realizada no dia 07 de fevereiro de 2015, de forma mecanizada, utilizando uma semeadora de plantio direto tracionada por um trator, com espaçamento de 90 centímetros entre linhas e 5,8 sementes por metro linear, alcançando um estande de 52.200 plantas/hectare. A profundidade de disposição da semente foi de 4 cm. A semeadura da braquiária foi realizada somente nas parcelas em consórcio com o milho. Foram semeadas entre as entre linhas de milho, uma semana após a implantação deste. A semeadura da braquiária foi realizada de forma manual, utilizando 3 kg por hectare de semente, em uma profundidade de aproximadamente 1 cm.

Os tratos culturais utilizados no experimento foram os mais comuns, baseados de acordo com as plantas daninhas, doenças e pragas encontradas. Desta forma, para o controle das plantas daninhas utilizou-se capinas, no período de

interferência da planta daninha na cultura de interesse, de modo que após o período total de prevenção a interferência, a cultura suprime as plantas daninhas existentes. Já para o manejo das pragas e doenças encontradas foram usados agrotóxicos (defensivos químicos), em doses recomendadas, para o controle destes infestantes.

O ciclo do milho utilizado alcançou 172 dias, realizando a colheita no dia 29 de julho.

3.5 AMOSTRAGEM DE SOLO

Visando comparar temporalmente as características físicas do solo, foram retiradas amostras de solo em dois momentos, o primeiro antes da implantação do experimento e o outro posterior a colheita da cultura. Foram coletadas três amostras em cada parcela, sendo estas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 centímetros de profundidade, utilizando trado de corte e enxada para a retirada do material. Os materiais retirados foram armazenados em sacos plásticos e devidamente identificados, para não ocorrer erros de amostragem.

Para se realizar as análises, o solo teve que ser peneirado em uma peneira de malhas quadradas nº 40, e para se chegar a partículas de solo com este diâmetro utilizou-se de um liquidificador para triturar o solo.

3.6 DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ E LIMITE DE PLASTICIDADE

O limite de liquidez e o limite de plasticidade foram determinados segundo os procedimentos utilizados no manual de métodos de análise de solo da Embrapa (2011).

Limite de liquidez: Para a realização deste teste, utilizou-se o aparelho de Casagrande (figura 1). Inicialmente procede-se com a regulagem do aparelho, observando principalmente a altura da queda da concha, de modo que o ponto de contato da concha com a base esteja 10 mm acima da base, pois esta altura influenciará diretamente na força da queda da concha, interferindo no número de pancadas.



FIGURA 1: APARELHO DE CASAGRANDE
FONTE: AUTOR

Em seguida, colocou-se aproximadamente 100g de solo, previamente peneirado, em uma cápsula de porcelana para realizar o umedecimento do material, logo, adicionou-se água, gradualmente, de modo a não ultrapassar a umidade desejada, e com o auxílio de uma espátula mexeu-se o solo, até se tornar uma massa úmida e homogênea. Posteriormente, já com o aparelho de Casagrande em mãos, transferiu-se parte da mistura para a concha, moldando-a de forma que a parte central tenha uma espessura de em média 1 cm. Neste ponto é importante tomar cuidado para que não restem bolhas de ar no interior da massa.

Com o auxílio do cinzel, ultrapassou-se a massa de forma perpendicular à superfície da concha (conforme a figura 2-a), dividindo a massa de solo em sua parte central, de modo que a massa seja dividida ao meio, em duas partes semelhantes. Em seguida, girou-se a manivela do equipamento em uma velocidade constante (mais o menos 2 rotações por segundo) até que a ranhura central se feche, com cerca de 1 cm de espessura (figura 2-b). Logo após anotou-se o número de pancadas alcançadas. Com auxílio de uma espátula, foi retirou-se aproximadamente 10g de solo, no ponto onde a ranhura encontrou-se, alocando-a em um recipiente, onde pesou-se o mesmo, antes e depois já com o solo, para encontrar o peso do material. Deste modo levou-se o recipiente com a amostra para a estufa, permanecendo por 24 horas, em temperatura a 105°C. Após este período em estufa, retirou-se o material e o pesou novamente, obtendo o peso do solo seco. Ainda na mesma amostra de solo transferiu-se o material de volta ao recipiente de porcelana,

adicionando-se um pouco a mais de água e repetiu-se este procedimento por mais 4 vezes, de modo que em uma das repetições o número de pancadas seja entre 40-52 pancadas, outra entre 30-40, outra em torno de 25 pancadas e as outras duas abaixo de 25 pancadas.

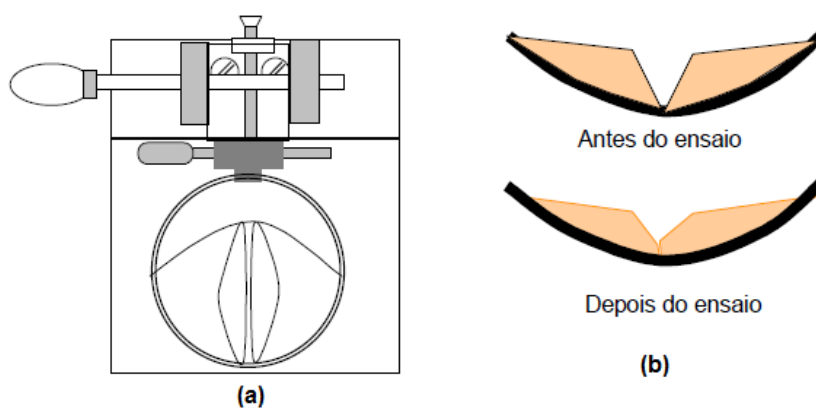


FIGURA 2: ASPECTO DA RANHURA
FONTE: ALMEIDA (2005).

Limite de plasticidade: Nesta análise, retirou-se em torno de 10 a 15g da massa de solo proveniente da determinação do limite de liquidez, e com o auxílio de uma placa de vidro, revolveu-se, manualmente, esta massa sobre a placa de vidro, para ir perdendo umidade (figura 3), até que se consiga formar um bastão cilíndrico de 3 a 4 mm de diâmetro. De modo que, o bastão de solo formado comece a fragmentar-se quando atingir o diâmetro de 3 a 4 mm. Ao alcançar esta condição, a amostra foi colocada em um recipiente previamente pesado, onde pesou-se novamente para obter o peso da amostra. Este procedimento foi repetido por três vezes, onde, em seguida, levou-se as amostras para secagem em estufa a 105°C por 24 horas, para se determinar a umidade do solo.

O experimento contou com um total de 90 amostras de solo, oriundas das parcelas após a colheita e mais 9 amostras anteriores a instalação do experimento.



FIGURA 3: DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE.
FONTE: AUTOR

Os resultados foram obtidos por meio de análises feitas em cada parcela e em cada profundidade. Deste modo, as análises de limite de liquidez do solo foram realizados de forma que cada amostra gerasse 5 resultados, obtendo 5 pontos com umidades diferentes e seus respectivos números de golpes (aparelho de Casagrande), para que desta forma os resultados obtidos sejam mais precisos. Portanto, o valor do limite de liquidez foi alcançado por meio dos golpes realizados com o aparelho de Casagrande, obtendo o seu resultado com exatamente 25 golpes, de modo que o número de golpes requerido é devido à “resistência ao cisalhamento” para aquela umidade.

Nas análises do limite de plasticidade, realizou-se 3 repetições em cada amostra, para que assim também gerasse resultados mais representativos.

3.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Após a obtenção dos dados, foi realizada uma análise descritiva, verificando a normalidade dos erros e submetendo os resultados à análise de variância com comparação de médias pelo teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

O delineamento estatístico utilizado foi em parcelas sub-divididas. O fator A foi considerado o sistema de cultivo, sendo: milho em consórcio com consorciado

com braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e milho (*Zea mays*) solteiro. E como fator B considerou-se as adubações que seguiram as doses de ARS de de 0, 25, 50 e 100 m³.ha⁻¹ e também um tratamento com fertilizante químico (NPK).

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para o LL do solo em cada amostra geraram cinco pontos com diferentes umidades e conseqüentemente, diferentes números de golpes. A partir destes resultados foram montados os gráficos de LL, demonstrados no Anexo 1.

A TABELA a seguir apresenta os resultados de limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP), obtidos nas amostras iniciais do solo, ou seja, antes de ser implantado o experimento a campo. Sendo estas amostras utilizadas como parâmetros comparativos para observar as possíveis alterações físicas analisadas no solo, após o término do experimento.

TABELA 4 - RESULTADOS DE LL, LP E IP DAS AMOSTRAS INICIAIS DO SOLO.

Profundidade	Braquiária	ARS	LL (%)	LP (%)	IP (%)
0-10	0	0	45,572	30,895	14,677
10-20	0	0	43,993	32,514	11,479
20-30	0	0	44,742	29,289	15,453

Nesta Tabela, podemos observar que os valores de LL são maiores na profundidade de 0-10 cm e decrescem com o aumento da profundidade. Isto se deve, possivelmente, a uma maior concentração de matéria orgânica na parte superior do solo, uma vez que esta camada possui contato frequente com matéria orgânica de restos vegetais. Nos resultados de LP, observa-se um comportamento um pouco diferente do LL, de modo que na profundidade de 10-20 cm, encontra-se o maior resultado, seguido pela camada superficial de 0-10 cm com 30,895% e a camada mais profunda (20-30 cm) com o menor resultado, 29,289%, de modo que em camadas mais profundas a matéria orgânica pode se encontrar mais mineralizada ou em menor quantidade devido à profundidade.

A seguir são apresentados os resultados das amostras finais, obtidos dos tratamentos do experimento, nas análises de LL, LP e IP do solo.

Na ANOVA, apresentada na TABELA 5, observa-se que na profundidade de 0-10 cm, não houve diferença estatística significativa a 5% de probabilidade para o teste F para LL.

TABELA 5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA LIMITE DE LIQUIDEZ NA CAMADA DE 0 -10 CM.

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	1.30313	1.30313	0.8662 ns
Resíduo – (A)	4	6.01734	1.50434	
Parcelas	5	7.32047		
Adubações – (B)	4	8.29034	2.07258	2.2292 ns
AxB	4	3.73604	0.93401	1.0046 ns
Resíduo – (B)	16	14.87598	0.92975	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; Dados normais (p-valor 0,3812) pelo Teste de Shapiro-Wilk (W); CV (A)= 2,70 %; CV (B)= 2,12%

Os resultados mostram que para o LL não tiveram diferenças estatísticas pelo teste Tukey, a 5% de significância. Porém, constatou-se que na média das amostras que receberam o tratamento de 25 m³.ha de ARS e sem braquiária, houve um valor superior aos demais, o mesmo foi obtido nas parcelas com braquiária, como demonstrado na TABELA 6.

TABELA 6 – LIMITE DE LIQUIDEZ DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA NA CAMADA DE 0-10 CM.

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	45,09	46,71	44,74	45,97	45,48	45,60 a
Com Braquiária	44,56	45,90	45,24	44,51	45,70	45,18 a
Média	44,82a	46,30a	44,99a	45,24a	45,59a	

¹= m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 1,24; dms (B) = 1,70;

Nos resultados de LP para as profundidades de 0 a 10 cm, constatou-se por meio da análise de variância que também não foi encontrado diferenças estatística entre as médias para os dois fatores, consórcio e adubação (TABELA 7).

Os valores encontrados no teste de médias foram de muita semelhança tanto para os tratamentos quanto para o consórcio. Demonstrando que, a matéria

orgânica provida do ARS em um primeiro momento não gerou alteração no solo em relação ao LP. Como visto na TABELA 8.

TABELA 7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA LIMITE DE PLASTICIDADE NA CAMADA DE 0-10 CM.

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	10,00350	10,00350	5,1994 ns
Resíduo – (A)	4	7,69591	1,92398	
Parcelas	5	17,69941		
Aduações – (B)	4	17,07639	4,26910	2,3225 ns
AxB	4	5,92023	1,48006	0,8052 ns
Resíduo – (B)	16	29,41052	1,83816	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; Dados normais (p-valor 0,99178) pelo Teste de Shapiro-Wilk (W); CV (A)= 4,25 %; CV (B)= 4,16%

TABELA 8 – LIMITE DE PLASTICIDADE DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA NA CAMADA DE 0-10 CM

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	32,46	32,50	30,50	32,00	32,74	32,04 a
Com Braquiária	34,88	32,83	32,50	32,26	33,50	33,19 a
Média	33,67 a	32,66 a	31,50 a	32,13 a	33,12 a	

¹= m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 1,40; dms (B) = 2,40;

Nas TABELAS 9 e 10 abaixo, estão contidos os resultados da análise de variância e o teste de média para o IP do solo nas profundidades de 0 a 10 cm.

TABELA 9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O ÍNDICE DE PLASTICIDADE NA CAMADA DE 0-10 CM

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	18,52766	18,52766	16,5482 *
Resíduo – (A)	4	4,47846	1,11962	
Parcelas	5	23,00612		
Adubações – (B)	4	24,60770	6,15192	2,8797 ns
AxB	4	4,75701	1,18925	0,5567 ns
Resíduo – (B)	16	34,18057	2,13629	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; Dados normais (p-valor 0,70518) pelo Teste de Shapiro-Wilk (W); CV (A)= 8,28 %; CV (B)= 11,44%

TABELA 10 – ÍNDICE DE PLASTICIDADE DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA NA CAMADA DE 0-10 CM

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	12,65	14,20	14,23	13,97	12,74	13,55 a
Com Braquiária	9,67	13,07	12,73	12,24	12,20	11,98 b
Média	11,14 a	13,63 a	13,48 a	13,11 a	12,47 a	

¹= m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 1,07; dms (B) = 2,58;

Nota-se que para o fator consórcio há diferença estatística entre os dois níveis, com e sem braquiária na profundidade de 0-10 cm, de acordo à análise de variância. Observando por meio do teste de média um maior valor para os tratamentos sem braquiária, indicando que o solo possui uma maior resistência à compactação. Já em relação ao fator adubação, este não apresentou diferenças significativas entre os níveis, indicando que as dosagens aplicadas não influenciaram nos resultados.

A seguir, encontram-se as tabelas que demonstram os resultados obtidos na análise de variância (TABELA 11) e no teste de média (TABELA 12), nas profundidades de 10-20 cm.

TABELA 11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O LIMITE DE LIQUIDEZ DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 10-20 CM

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	1,38398	1,38398	3.8500 ns
Resíduo – (A)	4	1,43791	0,35948	
Parcelas	5	2.82189		
Adubações – (B)	4	5,43754	1,35939	0,9593 ns
AxB	4	5,34284	1,33571	0,9426 ns
Resíduo – (B)	16	22,67257	1,41704	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; dados normais (p-valor 0,74814) pelo teste de shapiro-wilk (w); cv (a)= 1,33 %; cv (b)= 2,64%

TABELA 12 – LIMITE DE LIQUIDEZ DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA NAS PROFUNDIDADES DE 10-20 CM

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	46,33	44,61	45,40	45,58	44,34	45,25 a
Com Braquiária	44,40	45,14	44,71	45,54	44,32	44,82 a
Média	45,36 a	44,87 a	45,06 a	45,56 a	44,33 a	

¹= m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 0,60; dms (B) = 2,10;

Os resultados mostram um comportamento diferente comparado aos encontrados na profundidade de 0-10 cm. Observando que o tratamento que apresentou maior valor foi o de 0m³.ha de ARS sem braquiária, porém, não houve diferença estatística significativa entre as doses de adubação e nem entre o fator consórcio.

As análises feitas para o LP do solo para as profundidades de 10-20 cm indicaram por meio da ANOVA, que não houve diferença estatística, a 5% de probabilidade para o teste F, tanto para a adubação quanto para o consórcio, assim como para a interação entre estes fatores (TABELA 13).

TABELA 13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O LIMITE DE PLASTICIDADE DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 10-20 CM.

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	3,13906	3,13906	0,6176 ns
Resíduo – (A)	4	20,32984	5,08246	
Parcelas	5	23,46891		
Adubações – (B)	4	50,19117	12,54779	2,6377 ns
AxB	4	22,62681	5,65670	1,1891 ns
Resíduo – (B)	16	76,11383	4,75711	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; Dados normais (p-valor 0,0001) pelo Teste de Shapiro-Wilk (W); CV (A)= 6,90 %; CV (B)= 6,68%

Os valores encontrados para o LP (10-20 cm) pelo teste Tukey, demonstram que os tratamentos não apresentaram diferença estatística significativa, como pode ser observado na TABELA 14.

TABELA 14 – LIMITE DE PLASTICIDADE DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA NA PROFUNDIDADE DE 10-20 CM

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	32,68	32,79	31,53	32,97	31,64	32,32 a
Com Braquiária	33,18	32,40	32,36	36,71	30,19	32,97 a
Média	32,93 a	32,60 a	31,95 a	34,84 a	30,92 a	

¹= m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 2,28; dms (B) = 3,86;

Visto que o IP está diretamente relacionado com o LL e o LP do solo, os resultados obtidos para o IP, assim como para os LL e o LP, não apresentaram diferença estatística significativa no teste F a 5% de probabilidade (TABELA 15).

TABELA 15 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O ÍNDICE DE PLASTICIDADE DO SOLO PARA A PROFUNDIDADE DE 10-20 CM.

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	8,69166	8,69166	1,3145 ns
Resíduo – (A)	4	26,44784	6,61196	
Parcelas	5	35,13951		
Adubações – (B)	4	26,18796	6,54699	1,3459 ns
AxB	4	29,33599	7,33400	1,5077 ns
Resíduo – (B)	16	77,83077	4,86442	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; Dados normais (p-valor 0,01400) pelo Teste de Shapiro-Wilk (W); CV (A)= 20,75 %; CV (B)= 17,80%

Nos resultados das médias do IP (TABELA 16), o tratamento de NPK com braquiária apresentou o maior resultado, porém similar aos demais tratamentos, não obtendo diferença estatística entre eles para o teste de Tukey a 5% de significância.

A próxima tabela demonstra os resultados das análises de LL do solo para a profundidade de 20-30 cm, que em relação à ANOVA não demonstrou diferença estatística significativa, a 5% de probabilidade pelo teste F, entre os resultados (TABELA 17).

TABELA 16 – ÍNDICE DE PLASTICIDADE DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA NA PROFUNDIDADE DE 10-20 CM.

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	13,65	11,81	13,87	12,61	12,70	12,93 a
Com Braquiária	11,21	12,73	12,35	8,83	14,12	11,85 a
Média	12,43 a	12,27 a	13,11 a	10,72 a	13,41 a	

¹= m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 2,60; dms (B) = 3,90;

TABELA 17 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O LIMITE DE LIQUIDEZ DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 20-30 CM.

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	5,42625	5,42625	1,7641 ns
Resíduo – (A)	4	12,30372	3,07593	
Parcelas	5	17,72996		
Adubações – (B)	4	35,37355	8,84339	2,9293 ns
AxB	4	17, 28343	4,32086	1,4313 ns
Resíduo – (B)	16	48,30267	3,01892	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; Dados normais (p-valor 0,10961) pelo Teste de Shapiro-Wilk (W); CV (A)= 3,64 %; CV (B)= 3,60%

Os resultados da análise de LL foram semelhantes entre si, porém, apresentaram uma média superior aos encontrados nas outras profundidades (TABELA 18). Contudo, como não possuíram diferenças significativas tanto para os tratamentos como para o consórcio, isso demonstra que da mesma forma que a matéria orgânica da ARS não teve alteração no solo nas profundidades de 0-10 e de 10-20, também não apresentou alteração na camada de 20-30, sendo habitualmente comum, pois a matéria orgânica tende a estar em maior quantidade nas camadas superiores, pois está em contato mais frequente com restos culturais e matérias orgânicas diversas.

É possível analisar que os resultados encontrados para o LP do solo nas profundidades de 20-30 cm, não foram estatisticamente significativos, pelo teste F a 5 % de probabilidade, como pode ser observado na TABELA 19.

TABELA 18 – LIMITE DE LIQUIDEZ DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA NA PROFUNDIDADE DE 20-30 CM.

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	46,94	49,51	47,74	49,25	45,43	47,77 a
Com Braquiária	49,55	48,78	49,90	48,11	46,79	48,63 a
Média	48,24 a	49,15 a	48,82 a	48,68 a	46,11 a	

¹ = m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 1,77; dms (B) = 3,07;

TABELA 19 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O LIMITE DE PLASTICIDADE DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 20-30 CM.

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	0,04910	0,04910	0,0120 ns
Resíduo – (A)	4	16,36184	4,09046	
Parcelas	5	16,41094		
Adubações – (B)	4	11,74223	2,93556	2,2820 ns
AxB	4	3,03591	0,75898	0,5900 ns
Resíduo – (B)	16	20,58269	1,28642	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; Dados normais (p-valor 0,20468) pelo Teste de Shapiro-Wilk (W); CV (A)= 5,91 %; CV (B)= 3,32%

Os valores das médias se mantiveram semelhantes, tanto para os tratamentos como entre os consórcios, não acarretando em nenhuma diferença estatística (TABELA 20).

TABELA 20 – LIMITE DE PLASTICIDADE DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA.

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	33,61	35,17	33,74	35,22	33,05	34,16 a
Com Braquiária	34,02	34,11	34,10	35,14	33,83	34,24 a
Média	33,82 a	34,64 a	33,92 a	35,18 a	33,44 a	

¹= m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 2,05; dms (B) = 2,00;

O IP do solo para as profundidades de 20-30 cm apresentou também muita semelhança entre os valores encontrados tanto dos tratamentos como na variável do consorcio com e sem braquiária (TABELA 21) não possuindo diferença significativa de acordo à análise de variância, a 5% de probabilidade pelo teste F (TABELA 22), sendo já previsto, pois os valores de LL e LP do solo na camada de 20-30 cm também não possuíram diferenças significativas.

TABELA 21 – ÍNDICE DE PLASTICIDADE DO SOLO EM CONSÓRCIO OU NÃO COM BRAQUIÁRIA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE ARS E ADUBAÇÃO QUÍMICA NA PROFUNDIDADE DE 20-30 CM

Consórcio (A)	Adubações (B)					Média
	0 ¹	25 ¹	50 ¹	100 ¹	NPK	
Sem Braquiária	13,32	14,33	14,00	14,03	12,38	13,61 a
Com Braquiária	15,52	14,67	15,79	12,97	12,95	14,38 a
Média	14,42 a	14,50 a	14,89 a	13,50 a	12,66 a	

¹ = m³ ha⁻¹ de ARS; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade; dms (A) = 2,54; dms (B) = 2,72;

TABELA 22 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA O ÍNDICE DE PLASTICIDADE DO SOLO NA PROFUNDIDADE DE 20-30 CM

FV	GL	SQ	QM	F
Consórcio – (A)	1	4,44304	4,44304	0,7042 ns
Resíduo – (A)	4	25,23705	6,30926	
Parcelas	5	29,68009		
Adubações – (B)	4	19,62042	4,90510	2,0737 ns
AxB	4	9,99376	2,49844	1,0563 ns
Resíduo – (B)	16	37,84587	2,36537	
Total	29			

ns: não significativo a 5 % de probabilidade; *: significativo a 5 % de probabilidade; Dados normais (p-valor 0,73813) pelo Teste de Shapiro-Wilk (W); CV (A)= 17,94 %; CV (B)= 10,98%

O índice de plasticidade (IP) do solo pode ser interpretado segundo a classificação de Jenkins (apud CAPUTO, 1987), como demonstrado a seguir:

- ➔ Fracamente plásticos $1 < IP \leq 7$
- ➔ Medianamente plásticos $7 < IP \leq 15$
- ➔ Altamente plásticos $IP > 15$

Dessa maneira, os valores de IP encontrados de todos os solos analisados variam de “medianamente plásticos” a “altamente plásticos”, o que caracteriza um solo com bom IP, indicando boa resistência a deformações, mesmo com valores consideráveis de umidade no solo. Pode-se dizer que o solo estudado possui uma boa capacidade de ser moldado sem que ocorram alterações em suas propriedades físicas, principalmente em seu volume, sendo uma boa característica para evitar a compactação do solo.

Como já citado anteriormente, a matéria orgânica possui uma capacidade de elevar a resistência do solo à compactação, proporcionando um efeito de amortecimento, de modo que ocorra uma dispersão da força aplicada no solo. Além disso, possui uma capacidade de reter água em suas partículas o que impede a lubrificação das partículas pela ação da água. Ainda, a matéria orgânica pode aumentar por meio de suas ligações a coesão entre as partículas do solo, reduzindo a densidade do mesmo (BRAIDA, 2006; BRAIDA 2010; VASCONCELOS et al, 2010). Através disso, a matéria orgânica está ligada intimamente com LL, LP e com o IP do solo, influenciando diretamente nos resultados obtidos.

Um dos fatores relacionado aos resultados não significativos deste experimento pode ser a realização do experimento com baixas dosagens dos tratamentos, ou mesmo a qualidade da ARS usada, tendo em vista que a ARS possui outros materiais além de somente dejetos suínos. Como descrito por Perdomo et al. (2001) onde citam que a ARS é formada por vários compostos, estando entre eles as fezes, urina, água desperdiçada nos bebedouros, água de higienização, restos de ração, pêlos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo de criação. Deste modo, a qualidade da ARS está associada ao sistema de manejo adotado e aos aspectos nutricionais, apresentando grandes variações na concentração dos seus elementos. Segundo Asmann et al. (2006) deve-se levar em consideração as características intrínsecas do esterco utilizado, e que a qualidade dos compostos orgânicos pode determinar maior ou menor acúmulo de matéria orgânica no solo.

De acordo com Scherer (2009) os nutrientes contidos na água residuária estão diretamente ligados à quantidade de matéria orgânica, e quando a ARS não é tratada (efluente primário) a quantidade de matéria orgânica é maior. O que pode também ter influenciado uma vez que a ARS utilizada estava em tanque de estabilização não sendo um efluente primário.

Este experimento teve somente uma aplicação de ARS, aplicada antes da implantação da cultura, resultando em um grande período sem aplicação deste resíduo, o que não resultou em mudanças nos níveis de matéria orgânica no solo, no momento em que se realizou a amostragem final do experimento. Diferenciando do trabalho realizado por Smanhotto (2008) que analisou a aplicação de ARS em solo cultivado com soja, de modo que as taxas de ARS estabelecidas para este estudo foram 100, 200, 300 m³ ha⁻¹, durante o ciclo da cultura. Além disso, realizou-

se seis aplicações de ARS, quinzenalmente a partir dos 34 DAS, o que levou a resultados satisfatórios em relação à matéria orgânica no solo.

Segundo ASMANN et al., 2006 os compostos orgânicos existentes na ARS são de fácil mineralização, oxidando em poucos dias ou semanas, favorecidos pela maior atividade microbiana decorrente do esterco aplicado, isto pode explicar o porque que os resultados obtidos de LL, LP e IP no experimento não foram em sua maioria significativos, sendo devido ao longo período sem aplicação de ARS.

Lima (2007) avaliou em sua pesquisa a influência da aplicação de ARS na recuperação física do solo, na qual realizou experimento em um Latossolo Vermelho distrófico, sob pastagem de *Brachiaria decumbens* sp. Foram analisados tratamentos com quatro doses de ARS, 80, 160, 240 e 320 m³ ha⁻¹. O autor relatou que a porosidade total, macro e microporosidade do solo e a resistência à penetração não foram influenciadas pela aplicação de água residuária, porém a densidade do solo apresentou uma relação negativa, com o aumento das doses, desta forma, deve-se ter cuidado na determinação da dosagem aplicada para não interferir negativamente nas características físicas do solo.

Bosco et al. (2008) avaliou a aplicação de ARS em solo cultivado com soja, na qual os tratamentos aplicados às parcelas consistiram em cinco taxas de aplicação de ARS: 0; 50; 100; 150 e 200 m³ ha⁻¹ no ciclo. As taxas de ARS foram divididas em seis aplicações: 38; 54; 67; 80; 94 e 111 dias após a semeadura, sendo três repetições por tratamento. Deste modo, a concentração de matéria orgânica apresentada na profundidade de 0-20 cm foi maior, e apresentou diferença significativa em relação às demais (20-40; 40-60), observando que o teor de matéria orgânica variou em função da profundidade, o que, para MALAVOLTA et al. (2002), é um comportamento comum. O experimento de Bosco et al. (2008) utilizou dosagens muito semelhantes ao experimento deste trabalho, o que se diferenciou foram as repetições feitas, que geraram resultados significativos, diferentemente deste experimento.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- O limite de liquidez do solo é uma variável que está ligada intimamente com a matéria orgânica no solo, porém os resultados obtidos não foram estatisticamente significativos.
- O Limite de plasticidade do solo possuiu resultados estatísticos não significativos, exceto para a profundidade de 10-20 cm, que pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade houve diferença entre os tratamentos de $100\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ de ARS e o tratamento com NPK, onde os resultados mais satisfatórios corresponderam ao tratamento com ARS.
- Para o Índice de plasticidade do solo os resultados tiveram significância estatística somente para a camada de 0-10 cm, onde possuiu diferença entre o fator consórcio, de modo que o tratamento sem braquiária apresentou um maior índice em relação ao tratamento com braquiária.
- Em estudos futuros, um maior tempo de observação dever ser adotado para verificar possíveis alterações nos LL, LP e IP devido a aplicação de ARS;

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. C. P.; **Caracterização física e classificação dos solos**. Universidade federal de juiz de fora. Faculdade de engenharia. Departamento de transporte. 2005.

ASSMANN, A.P.; SANTOS, I. dos; ASSMANN, J.M.; BRAIDA, J.A.; MALAGI, G. **Efeito de doses crescentes de esterco líquido de suínos na intensidade de antracnose e produtividade de soja**. Synergismus scyentifica UTFPR, Pato Branco, v.1, n.1-4, p.1- 778, 2006.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. da. **Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo**. Rev. bras. eng. agríc. Ambient. vol.14, n.2, pp. 131-139. 2010.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. **Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor**. Rev. Bras. Ciênc. Solo. vol.30, n.4, pp. 605-614. 2006.

Caputo, H.P. (1987). **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**, 6 ed., Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 219 p.

CAVIGLIONE, J.H.; KIIHL, L.R.B.; CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, G. **Cartas climáticas do Paraná**. IAPAR, Londrina, 2000.

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T. *et al.* **Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.5, p.467-477, 2010.

HOMEM, B.G.C.; ALMEIDA NETO, O.B.; CONDÉ, M.S.; FERREIRA, I.M. **Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo**. Científica, Jaboticabal, v.42, n.3, p.299–309. 2014.

KIEHL, E. L. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

LIMA, P. L. **Avaliação física de um Latossolo Vermelho textura média, influenciada pela aplicação de dejetos de suínos e cama aviária**. 2007. 175 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

LUCIANO, R. V. *et al.* **Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil.** Rev. Bras. Ciênc. Solo. Vol. 36, n.6, pp. 1733-1744. 2012.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL GOMES, F.; ALCARDE, J.C. **Aubos e adubações.** São Paulo: Nobel, 2002. 199 p.

PERDOMO, C.C. LIMA, G J.M.M.; NONES, K. **Produção de suínos e meio ambiente.** In: 9o Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura, Gramado. Anais ... Gramado: ABCS, 2001. 58p.

PRIOR, M.; **Efeito da água residuária de suinocultura no solo e na cultura do milho,** 2008. Disponível em <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0268.pdf>> acesso dia 24 de novembro de 2015.

RODRIGUES, P. N. F. *et al.* **Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico.** Rev. bras. eng. agríc. ambient. Vol.13, n.1, pp. 94-99. 2009.

SCHERER, E. E. **Aproveitamento dos dejetos suínos como fertilizante.** EMBRAPA Documentos, 2009.

SEGANFREDO, M. A. **Uso de dejetos suínos como fertilizante e seus riscos ambientais.** Gestão ambiental na suinocultura. Embrapa Informação Tecnológica. P. 151-175. Brasília, DF. 2007.

SERAFIM, G.B.; GUIMARÃES FILHO, L.P. **Estudo sobre o reaproveitamento dos dejetos de suínos na bacia do Rio Sangão - Santa Catarina.** Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.5, n. Edição Especial, p. 151-174. 2012.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; CASTRO, M. B.; OLIVEIRA, L. F. C.; COSTA, K. A. P. **Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar: II -quantificação das restrições às funções edáficas do solo em decorrência da compactação prejudicial.** Engenharia Agrícola, v.30, p.404-413. 2010.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REINERT, J.M. **Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo**. vol.30, n 5, p.795-801. 2000.

SMANHOTTO, A.; **Aplicação de água residuária tratada de suinocultura em solo cultivado com soja**, 2008. Disponibilizado em <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0325.pdf>> acesso dia 24 de novembro de 2015.

SOARES, S.R.; GALBIATTI, J. ANTONIO. **Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura na brachiaria brizantha cv marandu**. Rev. Colombiana cienc. Anim. Vol,4, n.1, pp.185-203. 2012.

SOUZA, C. M. A. de; RAFUL, L. Z. L.; VIEIRA, L. B. **Determinação do limite de liquidez em dois tipos de solo, utilizando-se diferentes metodologias**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.4, n.3, pp. 460-464. 2000.

TATIANE C. DAL BOSCO, T. C. D.; et al. **Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.4, p.699-709, out./dez. 2008. Disponibilizado em <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v28n4/10.pdf>> acesso dia 24 de novembro de 2015.

TAVARES, U.E. et al. **Variabilidade espacial de atributos físicos e mecânicos de um Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 2012, vol.16, n.11, pp. 1206-1214.

TEIXEIRA, G.C.S.;BELTRÃO,D.S.;SIMÕES, M.L.M.; MOZETA, W.; ROSAS, B.L. **nutrição e produção de brachiaria brizantha em função do residual de dejetos de suínos**. Revista Agrotecnologia. vol. 3, n. 2, p. 36-48. 2012.

TELES, J.D.T. **Avaliação da produção de massa seca e composição químico - bromatológica de pastagens fertilizadas com cama de frango e dejetos líquidos de suínos**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Goiânia. 2013.

VASCONCELOS, R.F.B.; CANTALICE, J.R.B.; SILVA, A.J.N.; OLIVEIRA, V. S.; SILVA, Y.J.A.B. **Limites de consistência e propriedades químicas de um latossolo amarelo distrocoeso sob aplicação de diferentes resíduos da cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34, p.639-648. 2010.

ANEXO 1

Gráficos de Limite liquidez do solo das amostras iniciais.

Gráfico 1: amostra inicial (A) de 0-10 cm.

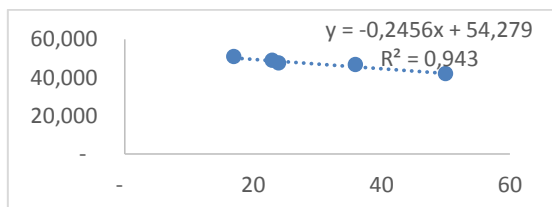


Gráfico 2: amostra inicial (B) de 0-10 cm.

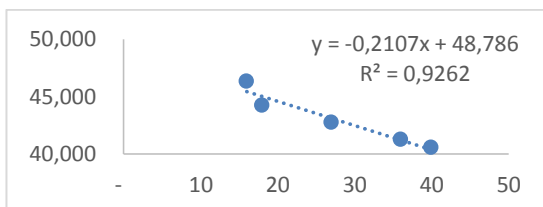


Gráfico 3: amostra inicial (c) de 0-10 cm.

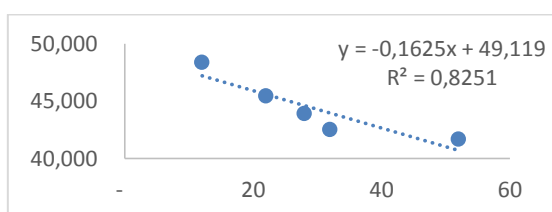


Gráfico 4: amostra inicial (A) de 10-20 cm.

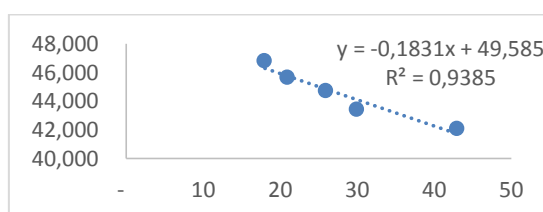


Gráfico 5: amostra inicial (B) de 10-20 cm.

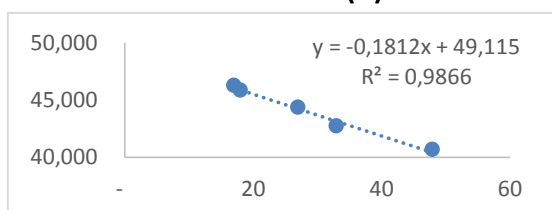


Gráfico 6: amostra inicial (C) de 10-20 cm.

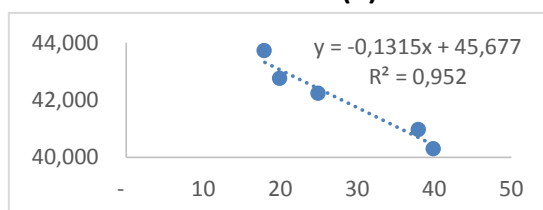


Gráfico 7: amostra inicial (A) de 20-30 cm.

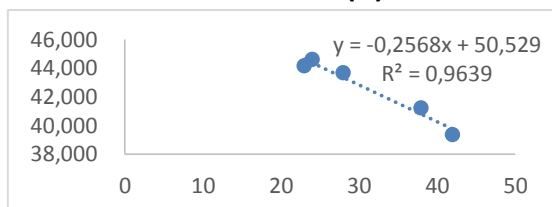


Gráfico 8: amostra inicial (B) de 20-30 cm.

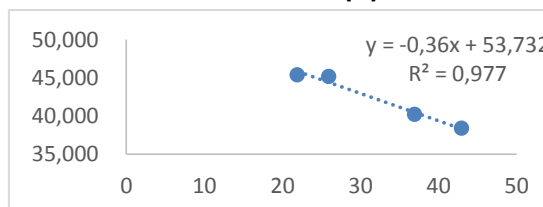
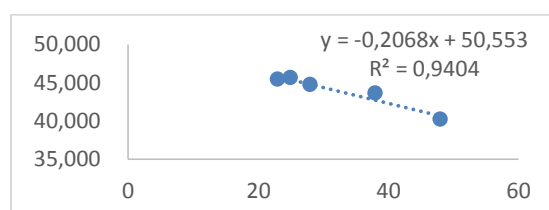


Gráfico 9: amostra inicial (C) de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com 0 m³. ha de ARS sem braquiária.

Gráfico 10: profundidade de 0-10 cm.

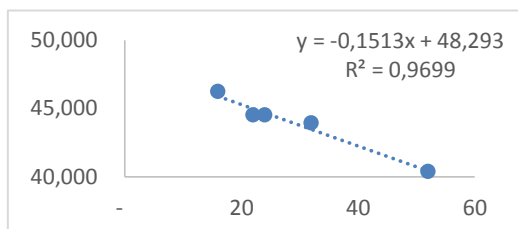


Gráfico 11: profundidade de 0-10 cm.

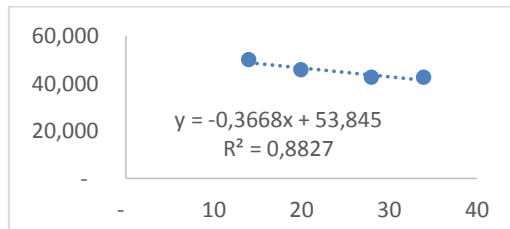


Gráfico 12: profundidade de 0-10 cm.

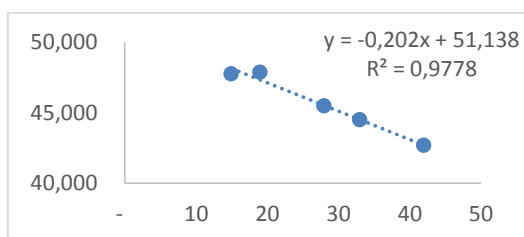


Gráfico 13: profundidade de 10-20 cm.

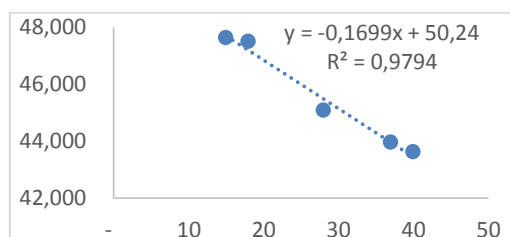


Gráfico 14: profundidade de 10-20 cm.

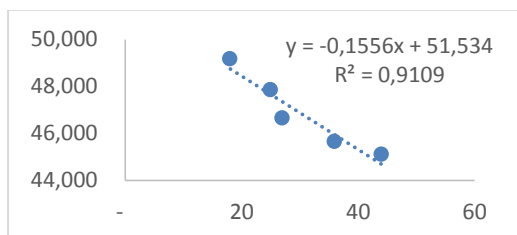


Gráfico 15: profundidade de 10-20 cm.

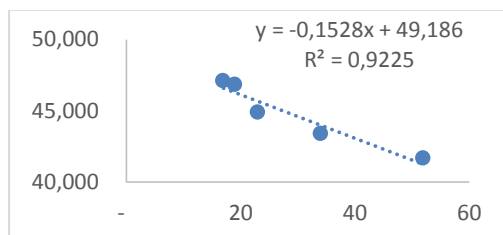


Gráfico 16: profundidade de 20-30 cm.

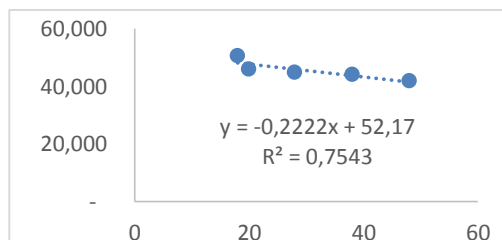


Gráfico 17: profundidade de 20-30 cm.

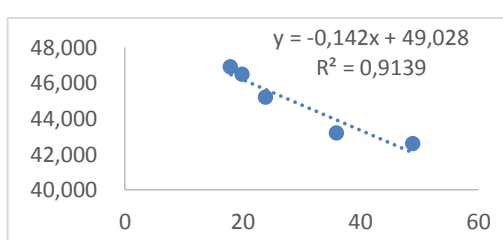
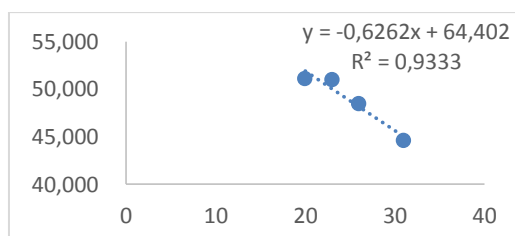


Gráfico 18: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com 25 m³. ha de ARS sem braquiária.

Gráfico 19: profundidade de 0-10 cm. Gráfico 20: profundidade de 0-10 cm.

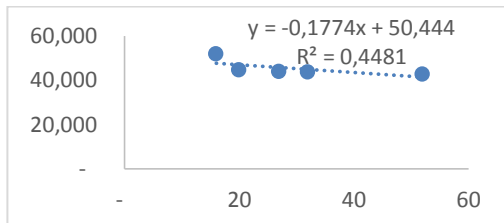
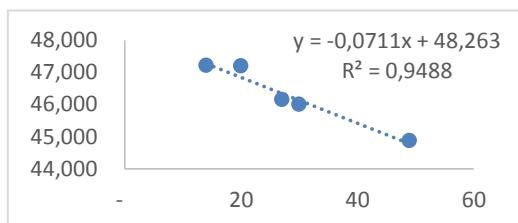


Gráfico 21: profundidade de 0-10 cm. Gráfico 22: profundidade de 10-20 cm.

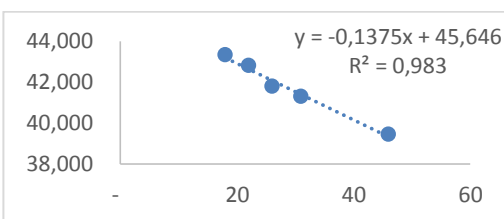
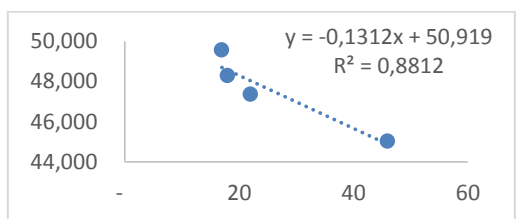


Gráfico 23: profundidade de 10-20 cm. Gráfico 24: profundidade de 10-20 cm.

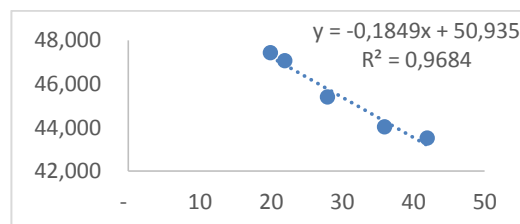
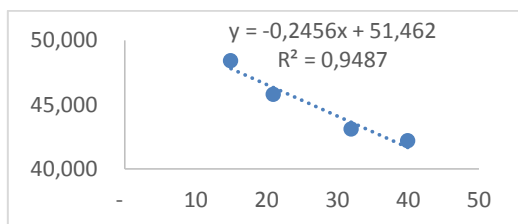


Gráfico 25: profundidade de 20-30 cm. Gráfico 26: profundidade de 20-30 cm.

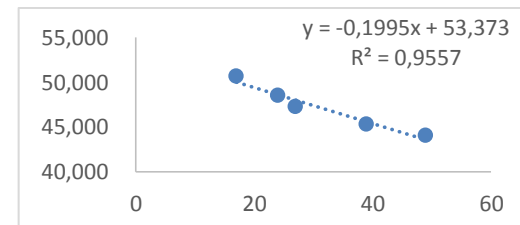
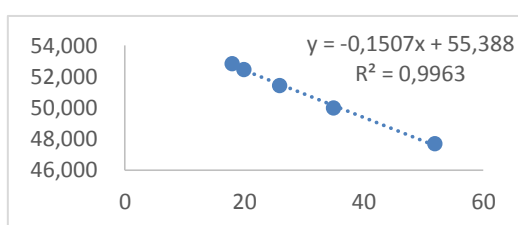
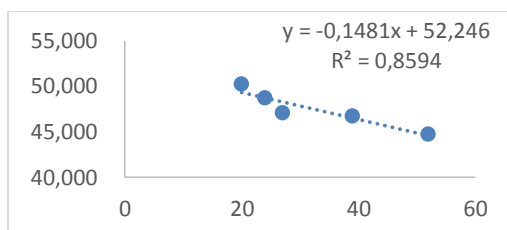


Gráfico 27: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com 50 m³. ha de ARS sem braquiária.

Gráfico 28: profundidade de 0-10 cm.

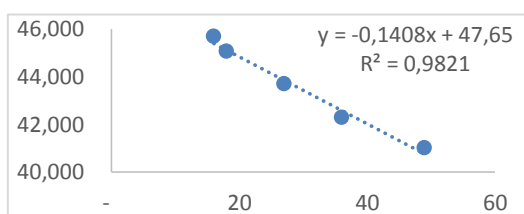


Gráfico 29: profundidade de 0-10 cm.

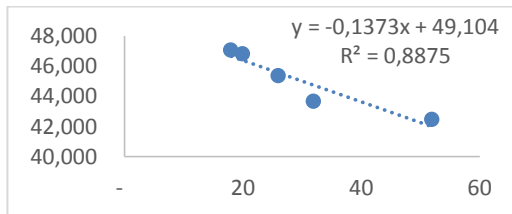


Gráfico 30: profundidade de 0-10 cm.

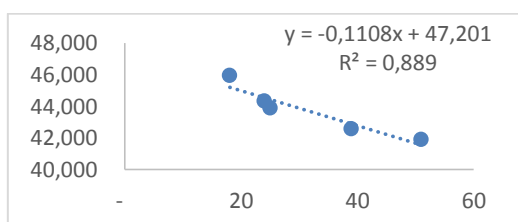


Gráfico 31: profundidade de 10-20 cm.

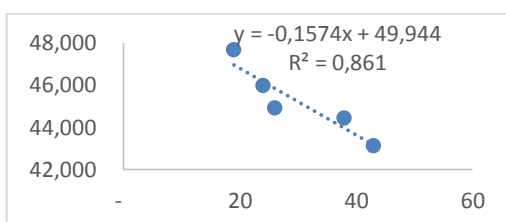


Gráfico 32: profundidade de 10-20 cm.

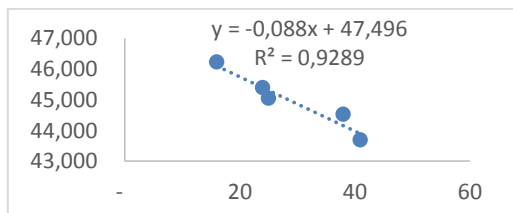


Gráfico 33: profundidade de 10-20 cm.

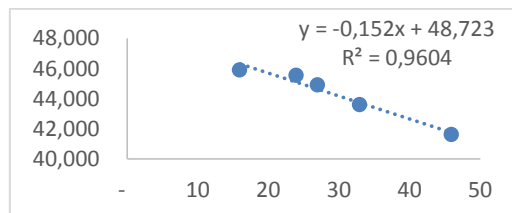


Gráfico 34: profundidade de 20-30 cm.

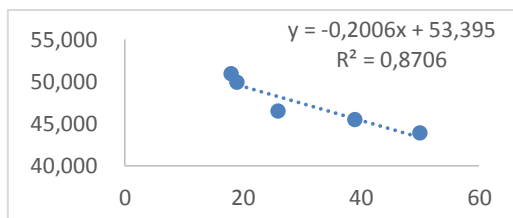


Gráfico 35: profundidade de 20-30 cm.

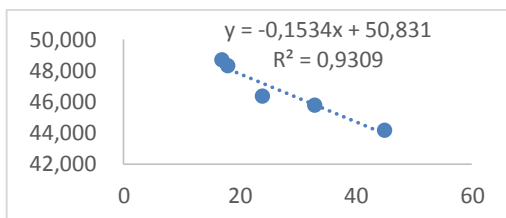
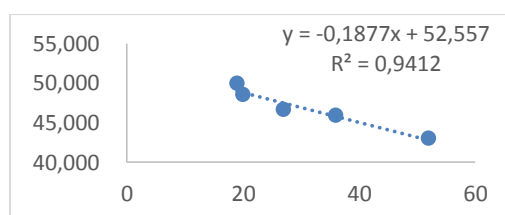


Gráfico 36: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha ARS}$, sem braquiária.

Gráfico 37: profundidade de 0-10 cm.

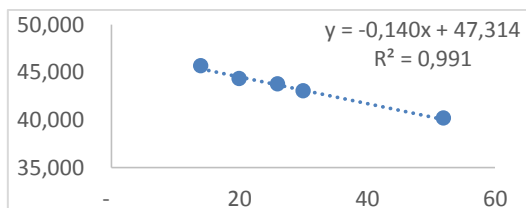


Gráfico 38: profundidade de 0-10 cm.

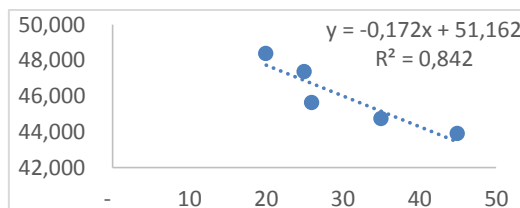


Gráfico 39: profundidade de 0-10 cm.

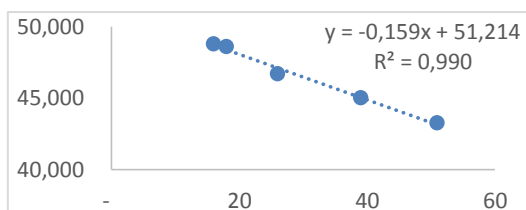


Gráfico 40: profundidade de 10-20 cm.

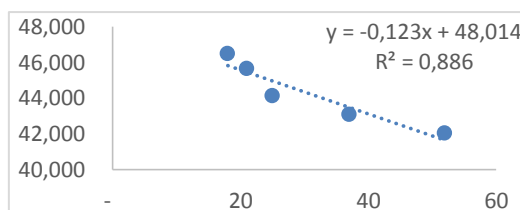


Gráfico 41: profundidade de 10-20 cm.

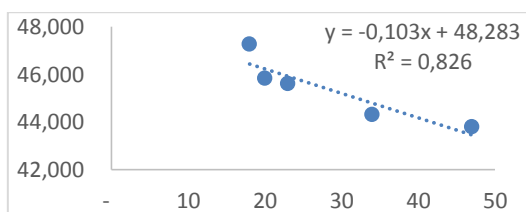


Gráfico 42: profundidade de 10-20 cm.

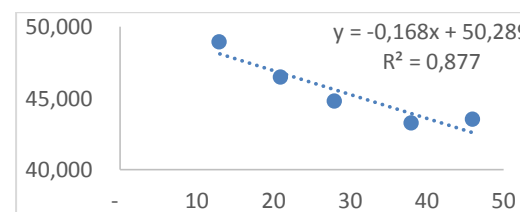


Gráfico 43: profundidade de 20-30 cm.

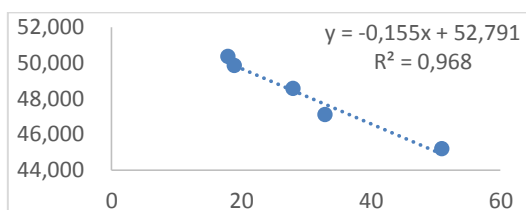


Gráfico 44: profundidade de 20-30 cm.

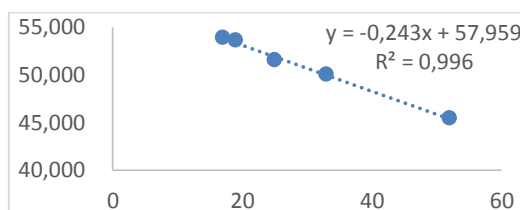
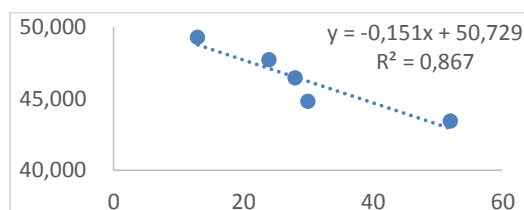


Gráfico 45: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com NPK sem braquiária.

Gráfico 46: profundidade de 0-10 cm.

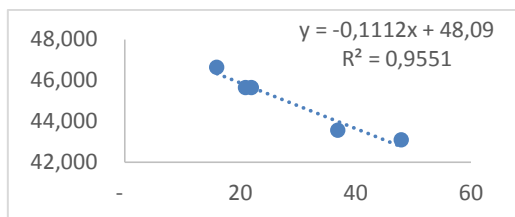


Gráfico 47: profundidade de 0-10 cm.

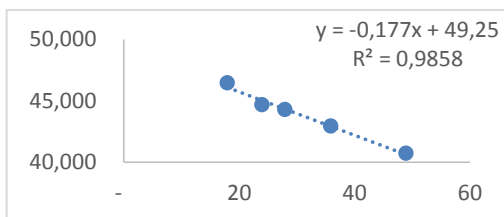


Gráfico 48: profundidade de 0-10 cm.

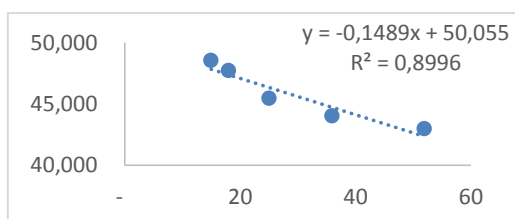


Gráfico 49: profundidade de 10-20 cm.

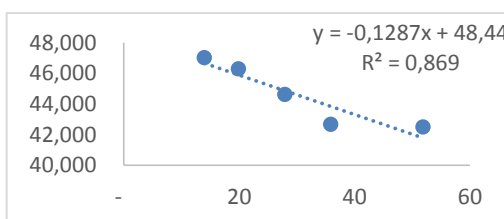


Gráfico 50: profundidade de 10-20 cm.

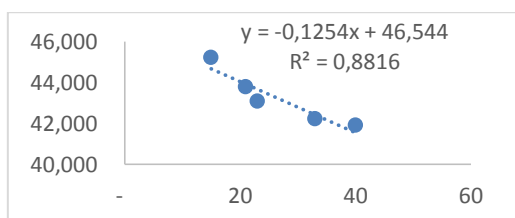


Gráfico 51: profundidade de 10-20 cm.

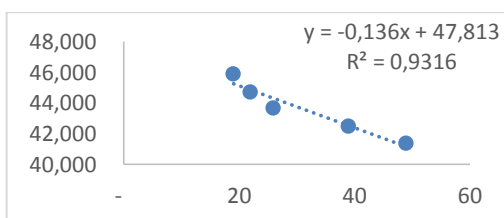


Gráfico 52: profundidade de 20-30 cm.

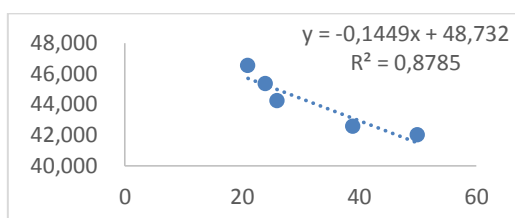


Gráfico 53: profundidade de 20-30 cm.

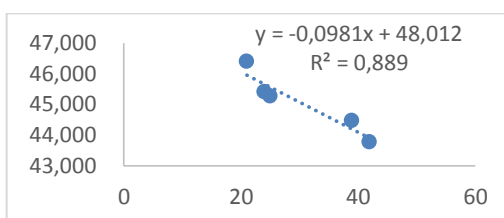
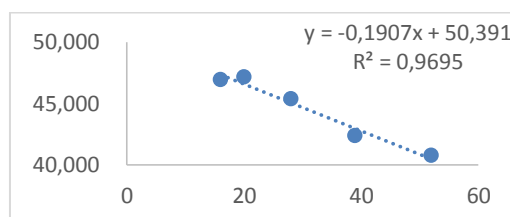


Gráfico 54: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com 0 m^3 . ha ARS, com braquiária.

Gráfico 55: profundidade de 0-10 cm.

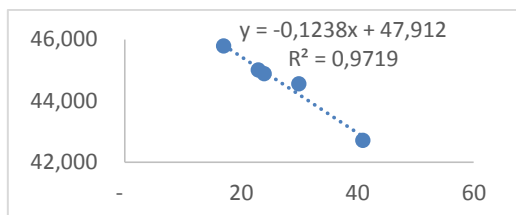


Gráfico 56: profundidade de 0-10 cm.

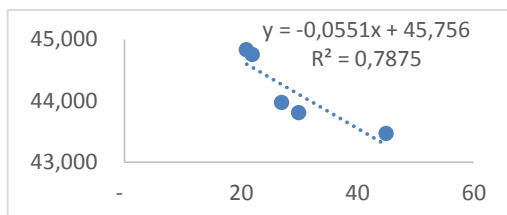


Gráfico 57: profundidade de 0-10 cm.

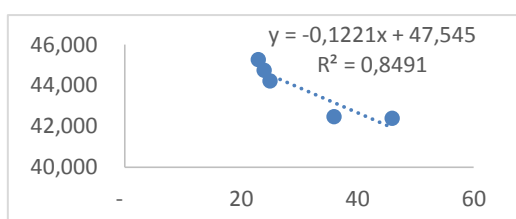


Gráfico 58: profundidade de 10-20 cm.

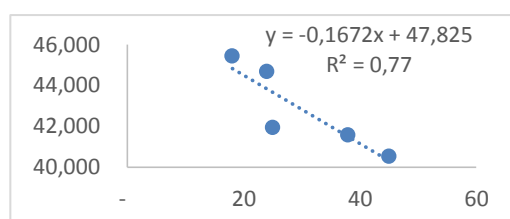


Gráfico 59: profundidade de 10-20 cm.

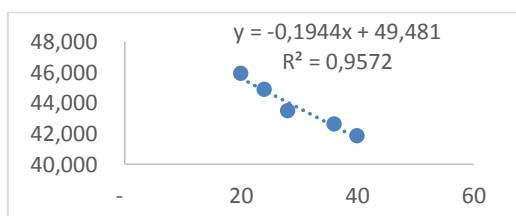


Gráfico 60: profundidade de 10-20 cm.

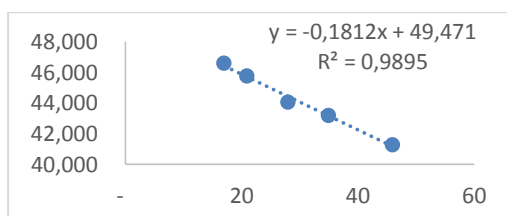


Gráfico 61: profundidade de 20-30 cm.

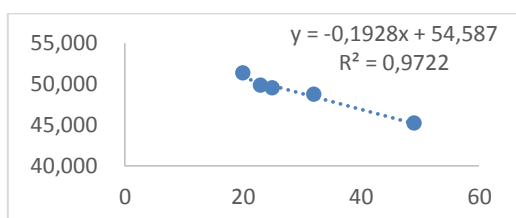


Gráfico 62: profundidade de 20-30 cm.

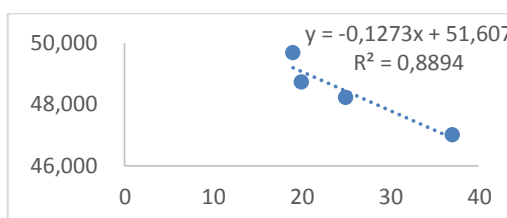
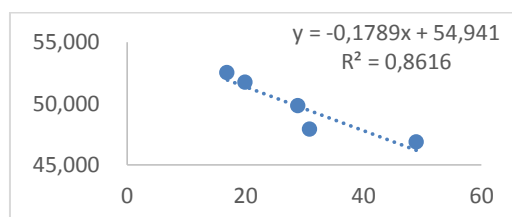


Gráfico 63: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com 25 m³. ha ARS, com braquiária.

Gráfico 64: profundidade de 0-10 cm.

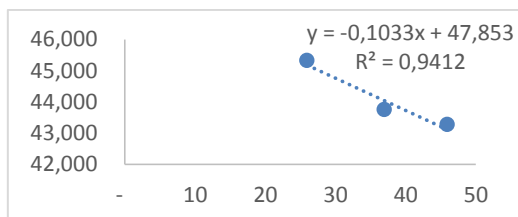


Gráfico 65: profundidade de 0-10 cm.

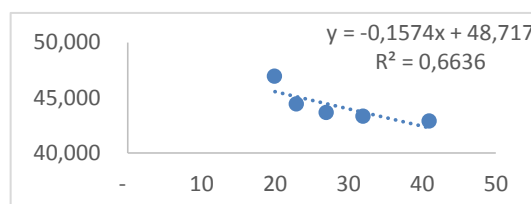


Gráfico 66: profundidade de 0-10 cm.

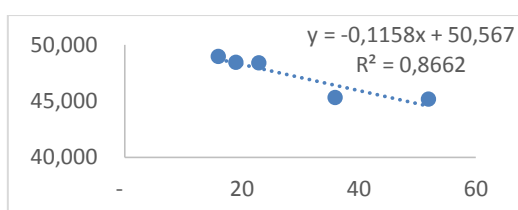


Gráfico 67: profundidade de 10-20 cm.

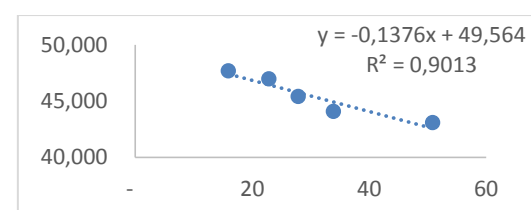


Gráfico 68: profundidade de 10-20 cm.

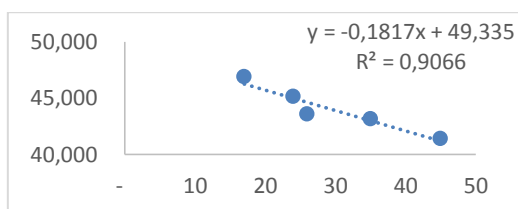


Gráfico 69: profundidade de 10-20 cm.

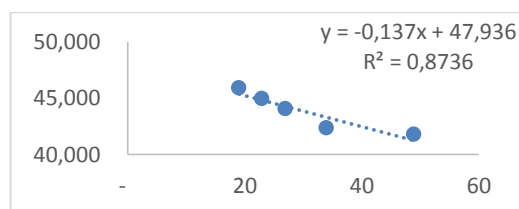


Gráfico 70: profundidade de 20-30 cm.

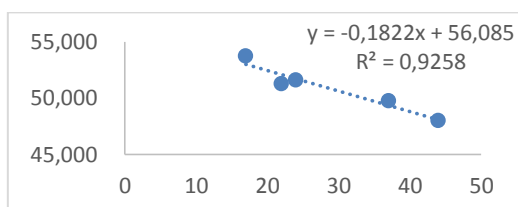


Gráfico 71: profundidade de 20-30 cm.

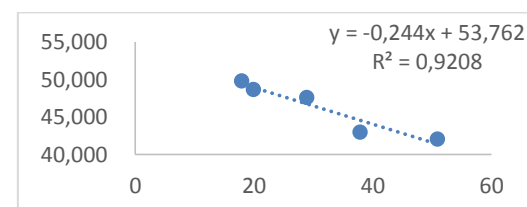
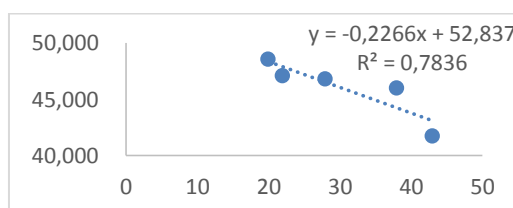


Gráfico 72: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com 50 m³. ha ARS, com braquiária.

Gráfico 73: profundidade de 0-10 cm.

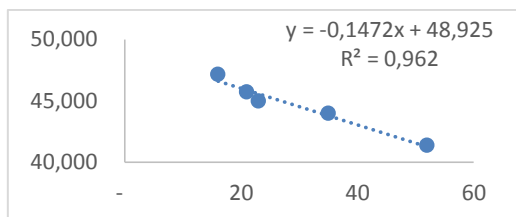


Gráfico 74: profundidade de 0-10 cm.

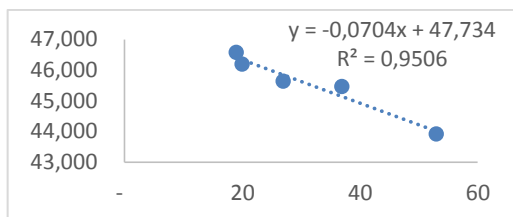


Gráfico 75: profundidade de 0-10 cm.

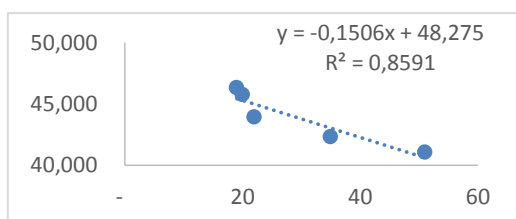


Gráfico 76: profundidade de 10-20 cm.

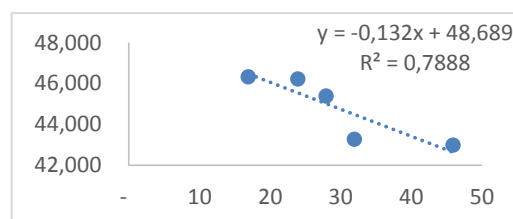


Gráfico 77: profundidade de 10-20 cm.

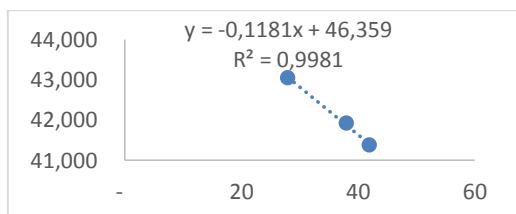


Gráfico 78: profundidade de 10-20 cm.

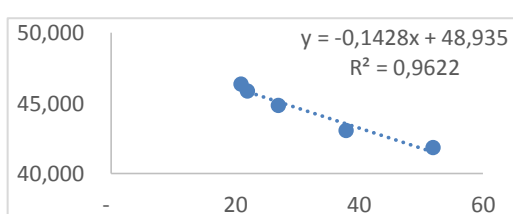


Gráfico 79: profundidade de 20-30 cm.

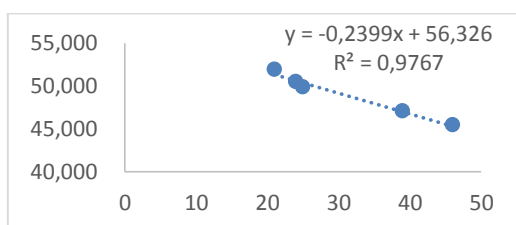


Gráfico 80: profundidade de 20-30 cm.

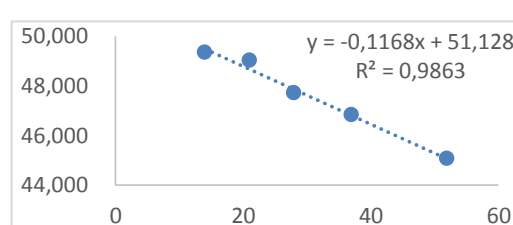
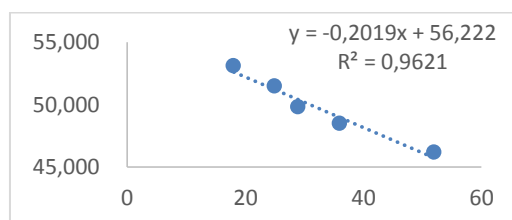


Gráfico 81: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com $100 \text{ m}^3 \cdot \text{ha ARS}$, com braquiária.

Gráfico 82: profundidade de 0-10 cm. Gráfico 83: profundidade de 0-10 cm.

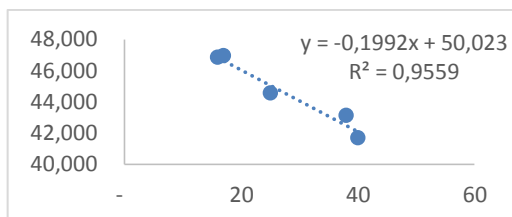
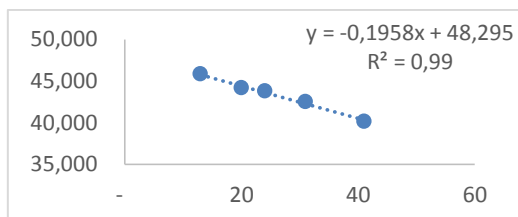


Gráfico 84: profundidade de 0-10 cm. Gráfico 85: profundidade de 10-20 cm.

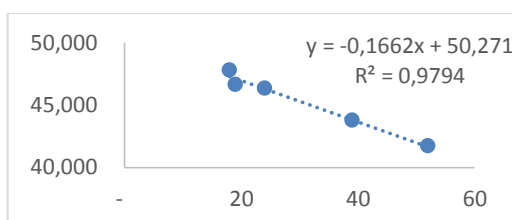
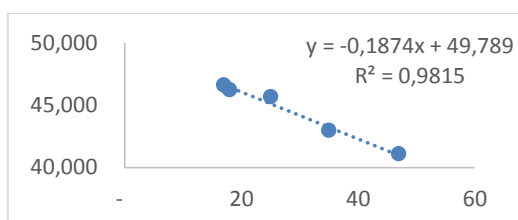


Gráfico 86: profundidade de 10-20 cm. Gráfico 87: profundidade de 10-20 cm.

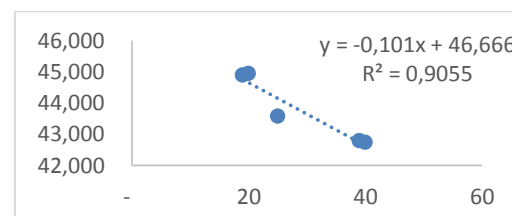
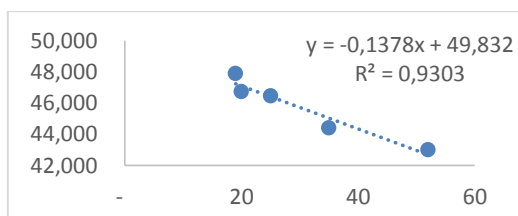


Gráfico 88: profundidade de 20-30 cm. Gráfico 89: profundidade de 20-30 cm.

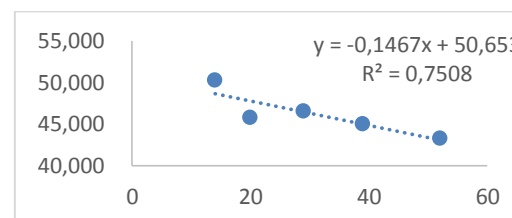
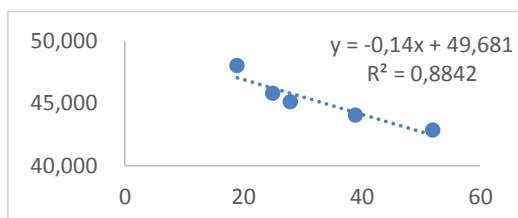
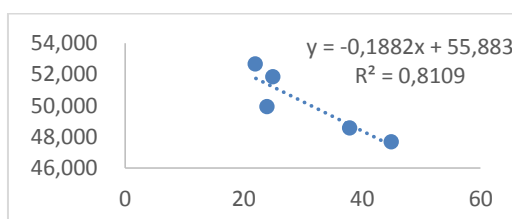


Gráfico 90: profundidade de 20-30 cm.



Gráficos de limite de plasticidade do solo para os tratamentos com NPK e com braquiária.

Gráfico 91: profundidade de 0-10 cm. Gráfico 92: profundidade de 0-10 cm.

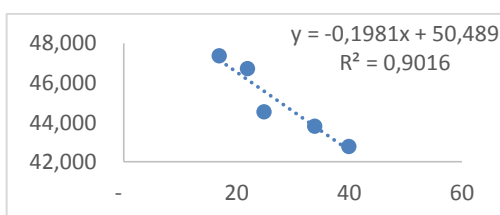
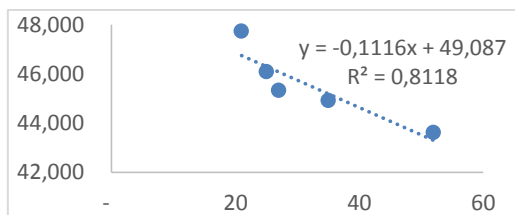


Gráfico 93: profundidade de 0-10 cm. Gráfico 94: profundidade de 10-20 cm.

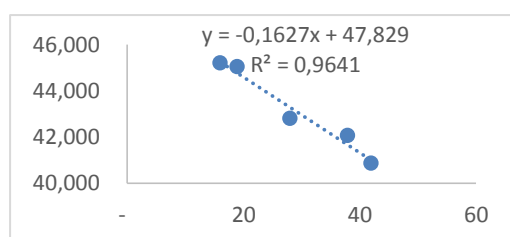
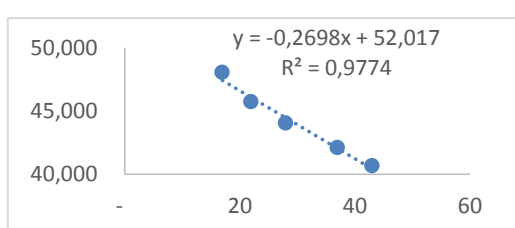


Gráfico 95: profundidade de 10-20 cm. Gráfico 96: profundidade de 10-20 cm.

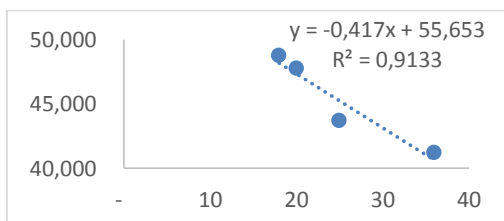
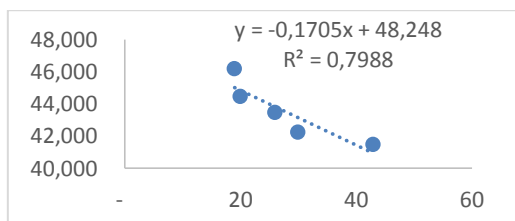


Gráfico 97: profundidade de 20-30 cm. Gráfico 98: profundidade de 20-30 cm.

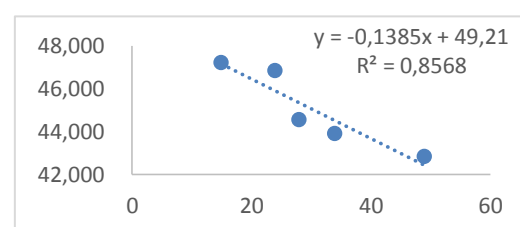
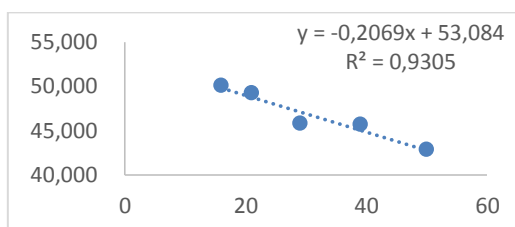


Gráfico 99: profundidade de 20-30 cm.

