

## **Resistência mecânica do solo à penetração associado à umidade, densidade, Granulometria e Macronutrientes em Ji-Paraná-RO**

### **Soil mechanical resistance to penetration associated with humidity, density, Granulometry and Macronutrients in Ji-Paraná-RO**

DOI:10.34117/bjdv7n1-383

Recebimento dos originais: 01/01/2021

Aceitação para publicação: 14/01/2021

#### **Selma Maria de Arruda Silva**

Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus - BR 364, Km 9,5. CEP: 76801-059 - Porto Velho (RO). Pesquisadora Associada ao Laboratório de Geografia e Planejamento Ambiental da Universidade Federal de Rondônia

E-mail: selmaprofgeo@hotmail.com

#### **Marilia Locatelli**

Ph.D. em Ciência do Solo. Pesquisadora da Embrapa Rondônia e Professora no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus - BR 364; Km 9,5. CEP: 76801-059 - Porto Velho (RO)

E-mail: marilia.locatelli@embrapa.br

#### **Adriana Cristina da Silva Nunes**

Doutora em Biologia Experimental. Prof<sup>ª</sup>. no Programa de Pós-Graduação no Departamento de Geografia da Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus - BR 364, Km 9,5. CEP: 76801-059 - Porto Velho (RO)

E-mail: adriananunes@unir.com.br

#### **Celso Pereira de Oliveira**

Mestre em Olericultura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência de Tecnologia Goiano. Docente na faculdade de agronomia - Centro Universitário São Lucas de Ji-Paraná, Av. Eng. Manfredo Barata Almeida da Fonseca, 542; Jd. Aurélio Bernardi CEP: 76907-524

E-mail: celso.oliveira@saolucas.edu.br

#### **Fernando Antônio Rebouças Sampaio**

Doutor em Agronomia. Instituto Federal de Rondônia. Campus Ji-Paraná, RO. Rua Mato Grosso, 1079; Centro; Ji-Paraná, RO; CEP: 76900-075

E-mail:fernando.sampaio@ifro.edu.br

#### **Thays da Silva Mandu**

Mestre em Ciências (energia nuclear na agricultura e no ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura CENA/USP. Docente EBTT no Instituto Federal do Acre - Campus Tarauacá - BR 364, km 539. CEP: 69.970-000

E-mail: thays.mandu@ifac.edu.br

**Celina Arruda e Silva**

Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367; Boa Esperança – Cuiabá-MT. CEP: 78060-900. Técnica Administrativa em Educação na Universidade Federal de Mato Grosso  
E-mail: celinaarrudas@gmail.com

**RESUMO**

A resistência à penetração do solo associado à umidade são parâmetros estudados para indicar o grau de compactação em diferentes tipos e condições de solo. O objetivo da pesquisa foi verificar o nível de compactação do solo na área da bacia hidrográfica do Igarapé Dois de abril em Ji-Paraná-RO, a partir dos parâmetros, resistência do solo à penetração, umidade, densidade, granulometria e macronutrientes para analisar se os resultados atendem ao desenvolvimento radicular de plantas. O construto da pesquisa foi realizado com base em material cartográfico, geoprocessamento e as técnicas que o integram como imagem de satélite, Sistema de Informação Geográfica-SIG e para o trabalho de campo foram utilizados o trado holandês, anel de copec e Sistema de Posicionamento Global-GPS. A resistência à penetração foi aferida em condições de campo com uso de penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Solf. As análises de solo foram realizadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia-IFRO, campus Ji-Paraná, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa em Porto Velho e no Laboratório de solos CEUJI/ULBRA, atual Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná. Os resultados demonstraram que valores de RP apresentam restrições para o desenvolvimento radicular em seis pontos onde ultrapassaram 2 MPa e estão associados a valores baixos de umidade e valores de até 1,98 g/cm<sup>3</sup> de densidade. Já os seis pontos analisados de macronutrientes precisam de calagem e adubação para corrigir a acidez do solo e propiciar o desenvolvimento de plantas.

**Palavras-chave:** Sistema Radicular de Plantas, Compactação do Solo, Penetrômetro de impacto.

**ABSTRACT**

Resistance to soil penetration associated with moisture are parameters studied to indicate the degree of compaction in different types and conditions of soil. The objective of the research was to verify the level of soil compaction in the Igarapé Dois de Abril hydrographic basin area in Ji-Paraná-RO, from the parameters, soil resistance to penetration, humidity, density, grain size and macronutrients to analyze whether the results meet the root development of plants. The research construct was carried out based on cartographic material, geoprocessing and the techniques that integrate it as a satellite image, Geographic Information System-GIS and for the field work the Dutch auger, copec ring and Global Positioning System were used -GPS. The penetration resistance was measured in field conditions using an impact penetrometer, model IAA / Planalsucar-Solf. Soil analyzes were performed at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia-IFRO, Ji-Paraná campus, Brazilian Agricultural Research Corporation - Embrapa in Porto Velho and at the CEUJI / ULBRA Soil Laboratory, currently Centro Universitário São Lucas Ji -Panama. The results showed that PR values present restrictions for root development at six points where they exceeded 2 MPa and are associated with low values of humidity and values of up to 1.98 g / cm<sup>3</sup> of density. The six analyzed points of macronutrients need liming and fertilization to correct the acidity of the soil and promote the development of plants.

**Keywords:** Root System of Plants, Soil Compaction, Impact penetrometer.

## 1 INTRODUÇÃO

A compactação do solo pode ser desencadeada por processo natural ou pela ação antrópica em diferentes ambientes, como pecuária, agricultura e urbanização. Um dos fatos mais comum de compactação do solo na pecuária é o pisoteio do gado. Na agricultura destaca-se o estudo por compactação de máquinas pesadas e no processo de urbanização a ênfase está nos cortes de solo para aterro e a intensa transformação do espaço construído que altera as condições naturais do solo.

Nos solos urbanos as modificações podem ter sido originadas pela ação antrópica a partir do crescimento e desenvolvimento dos ambientes das cidades. O conhecimento básico sobre o solo como as propriedades morfológicas, físico-químicas, mineralógicas e biológicas são importantes para não ocorrer à redução de qualidade ambiental na execução de projetos de urbanização, porém é muito raro ter conhecimento das características básicas do solo em áreas urbanas devido a vários fatores como o grau de complexidade das intervenções antrópicas que dificultam a coleta de amostra do solo em consequência do uso e ocupação das áreas urbanizadas, do desinteresse do poder público e da iniciativa privada com as questões ambientais, e da negligência por parte de alguns profissionais que atuam no cargo de planejamento urbano (DALMOLIN, PEDRON, AZEVEDO, 2006).

Nesse viés, a Lei 1136/01 estabelece o Plano Diretor do município de Ji-Paraná e o artigo 55 delibera sobre o uso e ocupação do solo definindo-o em função de normativas concernentes ao aumento da densidade populacional, modo de usos, mecanismos de fiscalização dos imóveis e desmembramento do solo em parcelas juridicamente autônoma que caracterizem o regulamento urbanístico. Sendo assim, para o planejamento urbano ocorrer de forma ordenada é importante que o parcelamento do solo aconteça e estudos sejam feitos para conhecer as características do solo urbano, dentre elas o nível de compactação do solo (RONDÔNIA, 2001).

Um dos métodos utilizados para pesquisa sobre compactação de solo é a resistência mecânica do solo à penetração com utilização do penetrômetro de impacto, Vaz, Hopmans e Basso (2000) analisaram estudos sobre diferenças de resistência à penetração (RP) como sendo ocasionada por diversos fatores, em áreas urbanizadas é desencadeada pela densidade demográfica. Estes autores ressaltam que a RP é um parâmetro importante para ser pesquisado, pois interfere no desenvolvimento de plantas, no crescimento das raízes,

no fluxo, transporte e armazenamento de água e nutrientes. E entre os parâmetros do solo que são complexos, a densidade global ( $p$ ) e umidade ( $u$ ) parecem se destacar por afetarem mais a RP dos solos.

O objetivo do artigo foi analisar a compactação do solo a montante da canalização da área do Igarapé Dois de Abril a partir da resistência mecânica do solo à penetração com a leitura do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Solf, densidade, umidade e granulometria de nove pontos e macronutrientes de seis pontos para descrever as características do solo e verificar quais são as condições que favorecem ou não o desenvolvimento de plantas nas margens dos afluentes e do Igarapé Dois de Abril.

## 2 DESENCADEADORES E EFEITOS DA COMPACTAÇÃO DE SOLO

Segundo Reichert, Suzuki e Reinert (2007) para a agronomia a compactação que ocorre no solo é tida como algo indesejado originado pela ação mecânica das máquinas que são utilizadas para alavancar a agricultura, porém, interfere negativamente na vida biológica do solo podendo chegar ao extremo e tornar impróprio para o desenvolvimento de plantas.

Do ponto de vista da engenharia civil, Caputo (1969) define compactação do solo como ação prouvaria ou maquinal que tende amortizar o calibre de seus vácuos, para assim acrescer sua força, colocando-o numa condição de estabilidade.

A diversidade sobre a espacialização e a diversificação dos estudos sobre compactação de solo conforme Reichert, Suzuki e Reinert (2007) acontecem na totalidade de manejo do sistema agrícola, pecuária ou silvicultura, devido à dificuldade de monitoramento rígido no tráfego de animais e máquinas.

A compactação é considerada negativa e indesejada pela engenharia agrônoma porque ela influencia negativamente o crescimento das raízes de plantas, sendo assim, o trabalho na agronomia concentra estudos para explicar e monitorar a compactação do solo tendo como principal interesse a produção de alimentos, madeira fibras, medicamentos etc. (REICHERT, SUZUKI, REINERT, 2007; SANTOS, 2005).

Torres et al., (2012) avaliaram a resistência do solo a penetração no município de Paranavaí-PR, em um solo Argissolo Vermelho distrófico típico e concluíram que onde houve menor pisoteio do gado, no pastejo, o valor da RP teve valores menores. E onde ocorreu o intenso pisoteio do gado verificou-se a redução na produção de raízes.

Silva e Castro (2013) na pesquisa sobre “Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, sudoeste do estado de Goiás” utilizaram técnicas de

geoprocessamento e ensaio sobre densidade do solo e resistência mecânica à penetração em área de plantio de cana de açúcar em 2004 e 2010 e detectaram que os solos com o teor alto de argila têm maior propensão na ocorrência da compactação do que onde o solo tem textura média a arenosa, associado ao intenso tráfego de máquinas pesadas utilizada tanto no plantio como na colheita evidenciado no ano de 2010, já em 2004 não houve o cultivo de cana de açúcar, sendo assim, o percentual de risco para a compactação do solo foi menor.

Gubiani et al., (2014) em sua pesquisa “Interação entre disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e na produção de feijoeiro” desenvolveu o trabalho em um Argissolo Vermelho distrófico arênico de textura franco arenosa e o resultado encontrado para o solo que apresentou maior produção de grãos, também foi o mesmo solo com alto índice de compactação com menor crescimento das plantas. Já o solo escarificado com uso de irrigação apresentou maior crescimento foliar das plantas, porém teve menor produção de grãos. Entretanto não é seguro afirmar que a produção de grãos será sempre maior em área plantada com sistema de irrigação em solo compactado mesmo que não tenha o crescimento foliar, porque depende do tipo de cultura que será cultivada, como ela irá se desenvolver no solo compactado e se o solo terá disponibilidade de água no período da produção.

Leite et al., (2013) na pesquisa realizada em Cruz das Almas-BA utilizaram o parâmetro de resistência do solo à penetração no sistema de pastagem e silvipastoril concluíram que a compactação de solo limita a produção florestal.

Brady (1989, p. 69) demonstrou que a densidade de volume de um solo estava relacionada com a camada compactada por tráfego de máquina e afirmou que equipamentos pesados utilizados para subsolagem e outras atividades agrícolas compacta o solo, faz a densidade de volume aumentar e diminui o crescimento agrícola. Nessa experiência o resultado demonstrou que a camada intermediária abaixo da aradura do solo aumentou a densidade para mais de  $1,8 \text{ Mg/m}^3$ , que segundo o autor é o limite de penetração das raízes de algodão.

Lima et al., (2017) na pesquisa conduzida em Ponta Grossa-PR dentre dois tipos de solos denominados oxisols conforme classificação dos Estados Unidos que no Brasil equivale a ordem dos Latossolos, analisaram o efeito do tráfego de pneus de máquinas pesadas em área agrícola e constataram que a força do stress de pneu atuou mais no solo com maior concentração de argila e classificaram como sendo um solo com tendência

forte para compactação, em relação ao outro solo analisado que tinha o teor de areia como característica de destaque.

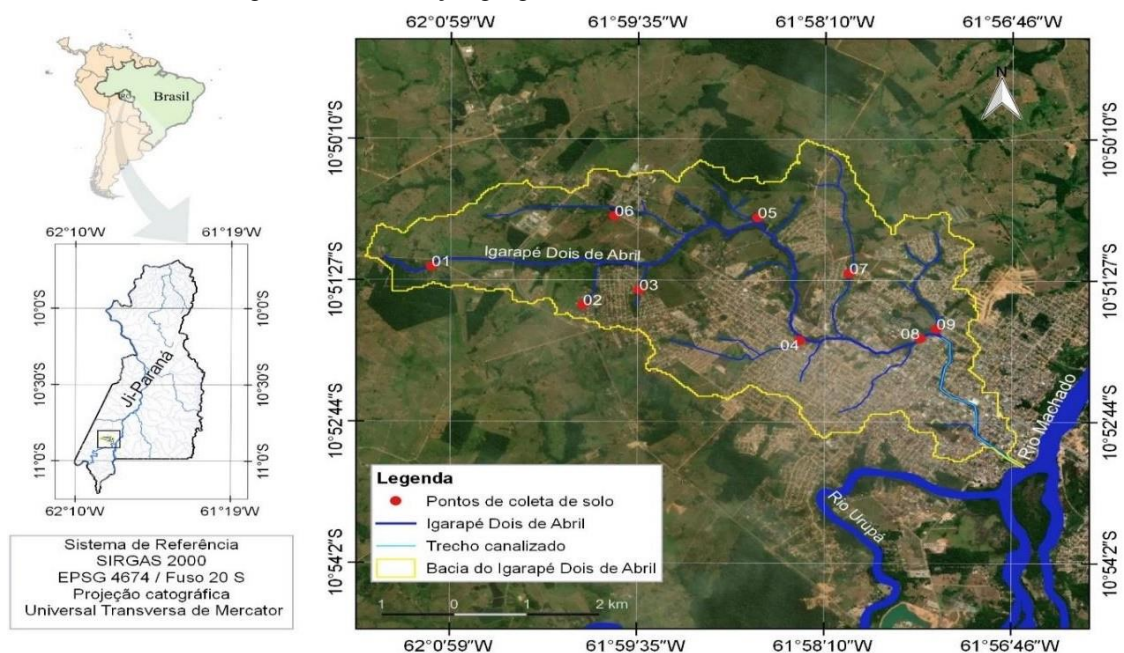
Bertollo et al., (2015) realizaram uma pesquisa na fazenda experimental da Embrapa na cidade de Londrina para avaliar o crescimento radicular e a produtividade da soja subsequente a plantas de cobertura em áreas com níveis de compactação e confirmaram que os níveis de compactação exercem influência sobre o crescimento da raiz da soja, em profundidade faz com que o desempenho radicular concentre na camada aparente.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na área do Igarapé Dois de Abril no ponto a montante do início da canalização do Igarapé, na área urbana da cidade de Ji-Paraná-RO, (figura 01). O município está localizado no Leste Rondoniense, na Amazônia Ocidental entre as coordenadas geográficas 62° 00'W, 11° 00'S e 61° 50'W, 10° 50'S; folha SC-20-Z-A-VI, MI 1683 (IBGE, 1981).

A unidade territorial do município é de 6.896,649 km<sup>2</sup>, população estimada em 2020 130.099 pessoas, densidade demográfica 16,91 hab./km<sup>2</sup> e agrega um índice de Desenvolvimento Humano Municipal-IDHM de 0,714 (IBGE, 2010).

Figura 01: Localização geográfica da área de estudo.



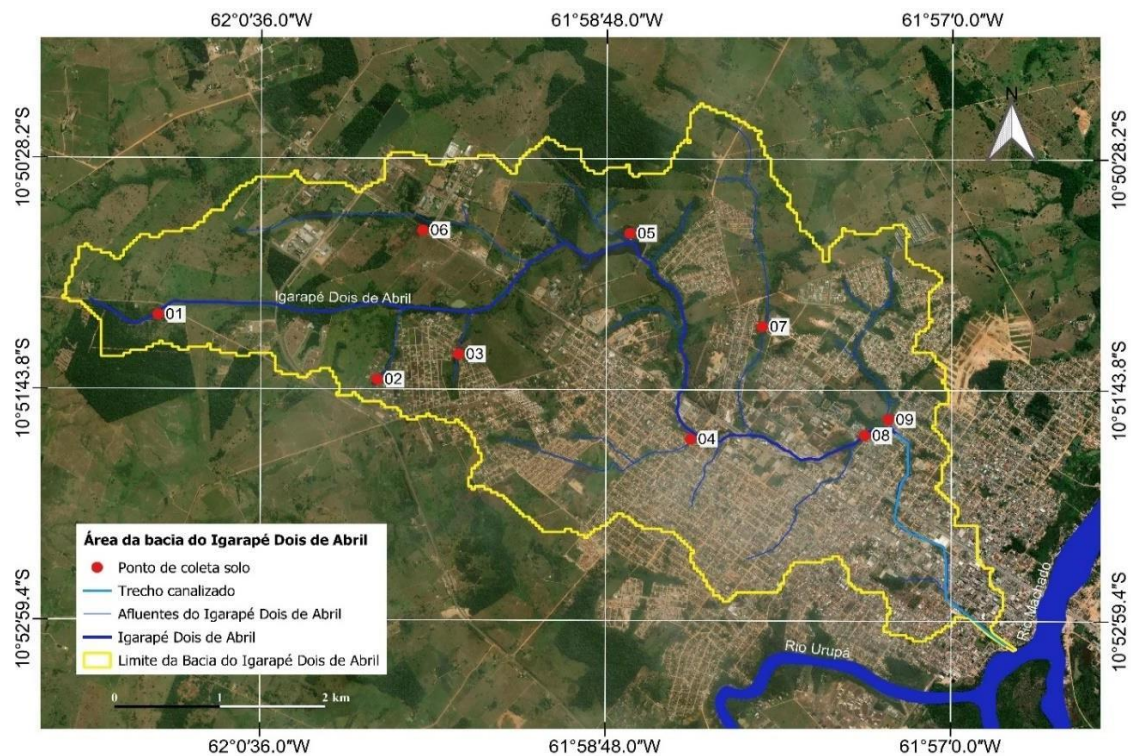
Fonte: Os autores, elaboração a partir da base cartográfica do IBGE, 1981; Brasil em Relevo, Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005 e Imagem Esri Satélite processados no Qgis 3.4 (2021).

O clima predominante em conformidade com a classificação de Koppen é o tropical quente e úmido, do tipo Aw - Tropical Chuvoso (RONDÔNIA, 2012). O solo predominante na área de estudo é classificado como PVA - Argissolo Vermelho Amarelo (CPRM, 2010).

Segundo IBGE (2010) a cidade de Ji-Paraná possui apenas 17,3% vias públicas com arborização. Dessa forma, verificar o limite de compactação do solo como interferência para o sistema radicular é de grande relevância para o desenvolvimento das plantas em área urbana.

A pesquisa foi realizada a partir do delineamento de nove pontos de amostragem (figura 02), o trabalho de campo foi conduzido nos dias 19 e 26 do mês de junho de 2017. Os pontos de amostragem foram estabelecidos considerando a facilidade de acesso e proximidade com a nascente, o Igarapé Dois de Abril, e a montante do início da canalização, pois a construção da canalização requer corte e aterro, o que faz com que o solo seja largamente alterado, fato que poderia comprometer a leitura de RP devida a excessiva compactação nas margens do igarapé.

Figura 02: Pontos de coleta de solo e leitura de resistência mecânica do solo à penetração na bacia do Igarapé Dois de Abril em Ji-Paraná-RO.



Fonte: Os autores, elaboração a partir da base cartográfica do IBGE, 1981; Brasil em Relevo, Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005 e Imagem Esri Satélite processados no Qgis 3.4 (2021).

## 2.1 METODOLOGIA DE COLETA

O georreferenciamento dos pontos de coletas (figura 02) foi feito com a utilização de GPS de navegação da marca Garmin, modelo Etrex 20 configurado no Sistema de Referência WGS 84, sistema de projeção Universal Transverso de Mercator-UTM, Zona 20S. Para o processamento dos mapas utilizou-se shapefile da base cartográfica do IBGE e Embrapa Brasil Relevo, monitoramento por satélite. Os dados coletados com GPS foram manipulados e sobrepostos em imagem de ESRI Satélite integrado ao Qgis 3.4 a partir da ativação do complemento open layers plugin.

A coleta de solo para análise de densidade, umidade, granulometria e macronutrientes foi realizada utilizando-se trado holandês e para análise de umidade utilizou-se o anel de kopecky. A leitura de resistência do solo à penetração foi feita por meio do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf.

As análises laboratoriais de umidade e densidade do solo foram feitas no laboratório de solo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia-IFRO, campus Ji-Paraná e a resistência de solo à penetração com o uso do penetrômetro de impacto foi avaliada associado à umidade, densidade e granulometria.

O ensaio sobre a umidade e densidade foi realizado segundo as recomendações do manual de método da Embrapa (2011). Para análise de umidade seguiu-se a metodologia de umidade atual e para análise de densidade utilizou-se o método do anel volumétrico adaptado do modelo utilizado pela Embrapa do anel de *Kopecky*, material em aço com volume interno de aproximadamente 50 cm<sup>3</sup>.

O cálculo da densidade foi realizado por meio da pesagem do material recém amostrado ainda no anel volumétrico e averiguação do volume do anel por meio das medidas do diâmetro e altura com um paquímetro eletrônico. A amostra foi seca em estufa a 105 °C seu peso foi aferido em 24 e 48 horas para o cálculo da matéria de solo seco.

A leitura para aferir à resistência do solo a penetração foi feito com o penetrômetro de impacto conforme (IAA/PLANALSUCAR), método descrito segundo STOLF et al (1983). O procedimento adotado para verificar quantos centímetros o penetrômetro afundou foi de dois impactos, inclusive em áreas onde o solo apresentou maior adensamento.

Os dados de Resistência Mecânica do Solo à Penetração-MPa foram gerados a partir dos dados de campo de número de impactos e a profundidade, processados no software Excel (VBA), (STOLF, 2011).



Foram feitas análises granulométricas dos nove pontos de coleta de solo realizado pela EMBRAPA em Porto Velho com resultado em g/kg, em seguida o resultado foi calculado em porcentagem e efetuada a interpretação no triângulo para classificação textural do solo, adaptado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, proposto pelo *Soil Survey Staff* do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

As coletas de solo para macronutrientes foram feitas em seis pontos e analisados pelo laboratório de solos do Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná- CEUJI/ULBRA, atual Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná.

### 3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os valores de umidade e densidade das nove amostras de solo na profundidade de 0-20 cm estão representados na tabela nº 01.

Os dois pontos que ficaram abaixo de 10% de umidade foram os pontos de nº 6 e 8, ambos estão descritos em resistência a penetração (RP), porque foram os pontos que apresentaram maior valor de RP dada às características físicas e visível de solo que devido a urbanização foram densamente compactados, fator que está associado à densidade do solo. A sazonalidade também é um fator que pode ter contribuído para o valor baixo de umidade e valor alto de RP.

Três pontos ficaram entre 10 e 20% de umidade, o nº 2, 3 e 4. O ponto 3 mesmo estando em área de vereda, sendo coletado próximo a curso d'água, teve classificação granulométrica, areia franca, a característica de solos arenosos é de não armazenar água, por isso o valor de umidade foi constatado baixo.

O período seco e ausência de chuva pode ter contribuído para o ponto 2 e 4 ter valor baixo de umidade, além de terem a característica de solos arenosos, na classificação granulometria os dois pontos foram classificados como franco arenoso, e os valores de RP chegaram a 5 MPa entre a camada de 5-10 cm, depois caíram abaixo de 4 MPa e na profundidade de 20-40 cm ficaram entre 1 e 2 MPa, as camadas com menor resistência é explicado pelo tipo de solo.

O ponto nº. 1 em termos de umidade e classificação textural, argila, pode ter relação direta com as condições do clima, tempo seco no período da coleta e mesmo tendo sido coletado próximo a área da nascente do Igarapé Dois de Abril, o volume d'água estava bem baixo, e a ausência de chuva pode ter contribuído para a baixa umidade. Já a densidade foi compatível com o valor de umidade e classificação textural devido às condições in loco.

No ponto nº 5 a umidade foi de 21,94%, esse valor pode ser explicado pela classificação textural, franco, que possui areia na sua estrutura e associado a valores de RP maiores na camada de 25-35 cm, isso pode justificar a baixa umidade, solos com característica arenosa não armazenam água.

Para tanto, os pontos de nº 7 e 9 foram os que tiveram os maiores valores de umidade. O ponto nº 7 foi coletado próximo a um afluente do Igarapé Dois de Abril e mesmo assim o valor de umidade não foi tão significativo devido a classificação granulométrica do solo, franco arenoso, que não tem característica de reter água.

O ponto nº 9 registrou maior porcentagem de umidade e a densidade compatível com o tipo de solo, classificação textural franco argilo siltoso, condição no solo que foi associado a 2 MPa de RP mesmo em condições de campo na estação seca.

Tabela 01: Resultado de parâmetros físicos do solo da bacia do Igarapé Dois de Abril.

<b>Ponto de Coleta.</b>	<b>Umidade do Solo (%)</b>	<b>Densidade Solo (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Classes texturais do solo</b>
<b>Área do Igarapé Dois de Abril</b>	Profundidade 0-20	Profundidade 0-20	Profundidade 0-20
1	21,9	1,25	Argila
2	10,63	1,87	Franco arenoso
3	16,96	1,79	Areia franca
4	11,27	1,68	Franco arenoso
5	21,94	1,54	Franco
6	9,15	1,98	Franco arenoso
7	29,94	1,68	Franco arenoso
8	9,28	1,61	Franco arenoso
9	89,02	1,21	Franco argilo siltoso

Fonte: Dados elaborados pelos autores, (2017).

Sobre os valores de densidade do solo constatou-se que variaram de 1,21 a 1,98 g/cm<sup>3</sup> e o valor desse parâmetro está relacionado com o tipo de textura do solo, porém essa condição pode ser alterada caso o histórico do solo tenha sofrido intensa compactação com aterros presentes em áreas urbanas, seja para construções ou para pavimentação. O ponto nº 6 foi o que apresentou menor valor de umidade, maior de densidade e o segundo valor de RP, fato que pode estar relacionado a sua localização, estrada vicinal, margem da BR 364, local com característica de ter recebido aterro.

Todas as amostras de solo para análise de macronutrientes foram coletadas a uma profundidade de 20 cm e todos os resultados das análises dos seis pontos sugerem a recomendação de calagem e adubação (quadro 01).

Quadro 01: Análise de macronutrientes da bacia do Igarapé Dois de Abril.

Ponto	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>				
Ponto 01	4,57	4,06	0,39	0,43	2,6	4,57	4,06	0,39
	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
Ponto 02	4,67	4,06	3,01	0,20	2,3	4,67	4,06	3,01
	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
Ponto 03	4,38	3,6	4,58	0,33	2,6	0,6	0	5,28
	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
Ponto 04	5,79	4,72	10,34	0,04	4,5	5,79	4,72	10,34
	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
Ponto 05	5,23	4,61	1,64	0,30	3,7	5,23	4,61	1,64
	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
Ponto 06	6,51	5,7	3,99	0,09	6,1	6,51	5,7	3,39
	pH		P	K	Ca	Mg	Al	H + Al

Fonte: Laboratório de solos CEUJI/ULBRA. Dados organizados pelos autores (2017).

Na análise dos macronutrientes P (fosforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Al (alumínio), para todas as amostras foram recomendadas calagem e adubação. P e K fazem parte dos nutrientes primários para as plantas se desenvolverem, o fósforo tem função importante na fotossíntese, naturalmente o fósforo é encontrado no solo pela intemperização dos minerais e através da decomposição de materiais orgânicos e a disponibilidade natural desse nutriente depende de algumas condições, entre elas algumas como quantidade de argila, tipo de argila, compactação, umidade e pH do solo (TAIZ & ZEIGER, 2006).

O pH do solo determina a acidez ou a alcalinidade referente uma substância, ele compreende uma escala de 0 a 14, para os solos produtivos os valores de pH variam de 4 a 9, entre 4 e abaixo de 7 é considerado ácido, o pH 7 é considerado neutro e acima de 7 até 9 é considerado alcalino, os pontos analisados para macronutrientes do n°. 1 ao 6 é possível afirmar que todos tem potencial para serem manejados (INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO, 1998).

A função do K para as plantas esta relacionada com o metabolismo, a deficiência desse nutriente diminui a fotossíntese e aumenta a respiração das plantas, por isso ele é

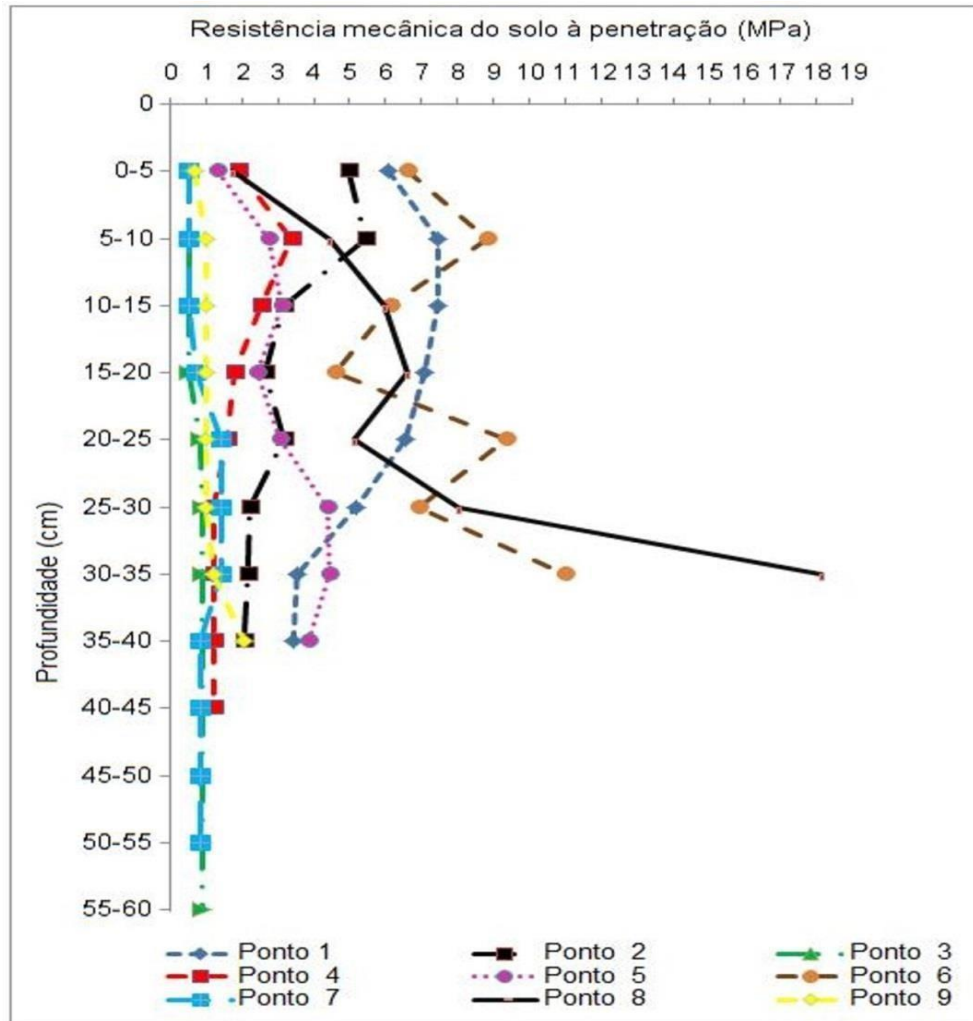
importante e dependendo da situação do solo é necessário fazer a calagem e adubação (KERBAUY, 2008).

Denominados macronutrientes secundários, o Ca (cálcio) e Mg (Magnésio), são exigidos em menor quantidade pelas plantas, contudo, a deficiência ou carência dos nutrientes secundários podem reduzir o crescimento. O Ca é responsável estimular o crescimento das raízes, das folhas e diminuir a acidez do solo entre outras funções nas plantas. O Mg, assim como o N (nitrogênio), tem função ativa no processo da fotossíntese, ele é considerado o átomo central da clorofila, os únicos nutrientes do solo que constituem a clorofila são o N e Mg (RIBEIRO, GUIMARÃES e V., 1999).

O valor de Al (alumínio) e  $H + Al$  (acidez potencial) é necessário para conhecer o teor de cada um deles para corrigir a acidez e proceder com a calagem. A compactação do solo, a queda no valor de pH e o intemperismo que a argila sofre contribuem para desencadear a liberação de Al no solo. As plantas não toleram  $Al^{+3}$ , elas começam a apresentar problemas quando o alumínio atinge valores superiores a 0,5 mg/L em determinadas plantas e em outras a partir de 1 mg/L que compromete o sistema radicular ocorre uma atrofia no desenvolvimento das raízes (BRAGA, 2012).

As leituras de RP foram feitas em nove pontos com a profundidade de 0-40, exceto em um ponto onde se constatou área de vereda e a resistência da penetração atingiu profundidade maior que 40 cm (figura 03).

Figura 03: Nove pontos de leitura de RP na área da bacia do Igarapé Dois de Abril.



Fonte: Dados produzidos pelos autores (2017).

Todas as leituras de RP foram feitas ao lado do ponto da coleta de solo. O ponto que apresentou maior resistência à penetração foi o nº 8, como a leitura de RP foi feita ao lado da coleta de solo, foi possível perceber visualmente e com tato a presença resíduos no perfil do solo e próximo ao local restos de concretos e descarte de eletrodoméstico. Fato que indica alteração no solo como compactação e a maior leitura de RP nesse ponto. A coleta do solo foi feita na profundidade 0-20 e 20-40 cm.

O ponto nº 6 apresentou a segunda maior RP, a resistência nesse local assim como no ponto nº 8 justifica-se pela localização do ponto estar a margem esquerda da BR 364 sentido Porto Velho, pois para a construção de estradas a engenharia civil faz o trabalho de compactação do solo para aferir estabilidade e segurança na análise geotécnica, fato que corrobora com a leitura feita de RP.

No ponto nº 1 a RP foi maior entre a profundidade de 0-25 cm, a leitura foi feita no ponto mais próximo a nascente do Igarapé Dois de Abril, área rural. O valor de RP tem

como explicação a presença de gado, o pisoteio no local colabora para a compactação do solo.

Em quarto lugar, a leitura de RP foi no 2º ponto. A resistência foi constada nas primeiras camadas entre 5 e 10 cm, fato que é explicado pela característica do local, mesmo a leitura ter sido feita próximo a margem de um afluente do Igarapé Dois de Abril a localização fica às margens de rua pavimentada em um residencial novo, com característica de ter recebido resíduos de terras oriundo da pavimentação possivelmente vindo das partes mais altas, a montante.

No ponto nº 5 a RP foi maior entre a camada de 25 a 35 cm, ficando numa posição de 5 ponto com maior valor de RP, possivelmente explicado por ser uma área rural com vegetação arbórea e formação de serapilheira na camada superficial do solo, e assim a vegetação colaborar para manter a característica natural na área, e desse modo a RP seja mais evidente onde ocorre a transição física na característica do perfil do solo.

Já o ponto de nº 4 apresentou a 6ª maior leitura de RP, próximo à rua pavimentada e construção de residências, é provável que a RP se justifique pelo fato da existência de aterros, além disso, a área apresenta características de ter recebido descarte de restos de construção e lixo doméstico, compactação percebida visualmente e constada com a leitura de RP na camada de 10 cm.

O ponto nº 7 apresentou maior RP entre a camada de 20-35 cm, em ordem decrescente ficou em sétimo lugar, esse ponto está localizado às margens de um afluente do Igarapé Dois de Abril, próximo a uma rua vicinal, com presença de vegetação esparsa. Nesse ponto não foi constatado valor alto de RP até 20 cm e após os 35 cm o valor diminuiu.

Os pontos de nº 3 e 9 foram os que apresentaram os menores valores de RP. O ponto nº 9 apresentou uma leve resistência na camada entre 30-35 cm, nessa área apesar de ter observado animais, cavalos e presença de animais silvestres, capivara, e pela localização estar em meio a bairros urbanos, as primeiras camadas do solo não apresentaram valor alto de RP. O ponto nº 3 localiza-se em meio à área urbana, em um loteamento novo, e o menor valor de RP é explicado porque apesar de estar as margens de rua pavimentada, nesse ponto há uma área de vereda com presença de água e buriti “*Mauritia flexuosa*”, que naturalmente tem solo que não apresenta RP.

Com exceção dos pontos 03, 07 e 09 todos os demais ultrapassaram o valor de 2,0 MPa. Isso pode acarretar dano ao desenvolvimento de raízes em detrimento da condição de solo compactado, porém não afetando a anatomia da raiz e sim o desenvolvimento da

cultura plantada, já os pontos que apresentaram as maiores resistências foram os pontos 8 e 6 nas profundidades de 20-30cm.

Para uma mesma espécie, o resultado da compactação pode afetar outras partes da planta sem visivelmente danificar o sistema radicular. QUEIROZ-VOLTAN et al. (2000) em trabalho sobre a avaliação do efeito da compactação na anatomia da raiz e no desenvolvimento de cultivares de soja (IAC - 8 e IAC-14), realizado em vaso, constataram que a compactação do solo não afetou a estrutura física da raiz, porém ambas as cultivares apresentaram diminuição no número de folhas, altura de plantas, massa de matéria seca de raízes e caule.

Segundo Iaia et al. (2006) a distinção da camada compactada e do comportamento do solo em conexão às suas propriedades físicas de densidade, porosidade, umidade, capacidade de retenção, infiltração da água e a localização da camada compactada é de extraordinária consideração para o planejamento das metodologias atuais de produção.

Valores de resistência do solo à penetração verificados em 4 profundidades (0- 10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm) na área de recuperação da APP do Canal dos Tanques dos oito pontos avaliados por Pereira, Locatelli e Souza (2016) foram superior a 2,0 MPa, que indicou grau de compactação no solo e conseqüente prejuízo ao desenvolvimento de raízes, sendo que os pontos que apresentaram as maiores resistências foram os pontos 2 e 3 nas profundidades de 20-30 e 30-40 cm e o ponto 6 nas profundidades de 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

Conhecer as qualidades físicas do solo favoráveis à infiltração densidade, correlacionado com a classe de textura e curva de retenção de água, e a cobertura vegetal, é fundamental para o processo de recarga de água no solo (GOMES et al., 2012).

Na pesquisa conduzido sobre densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho por Silva, Reinert & Reichert (2000) a densidade ficou abaixo de 2 Mg m<sup>-3</sup>. Foi verificado que o pisoteio de animais não teve interferência nas características físicas do solo, tal ação foi atribuída ao resíduo da pastagem ter continuado próximo a 1,0 Mg ha<sup>-1</sup> de material seco. O registro da densidade no plantio direto, na camada de 5-10 cm, foi de 1,41 Mg m<sup>-3</sup>, tanto na área pastejada como na não pastejada. No preparo convencional de solo, esses valores foram de 1,15 Mg m<sup>-3</sup> na área pastejada e de 1,12 Mg m<sup>-3</sup> na área não pastejada, porém, cada cultura pode apresentar graus de tolerância a compactação com valores diferentes, que estão associados quando inicia restrição ao crescimento do sistema radicular.

A compactação do solo, conforme Toledo et al., (2006), é um dos fatores que causam a deterioração do solo influenciando diretamente nos estragos físicos, químicos e biológicos do solo, tendendo a perda de produtividade.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os solos em áreas urbanas devido ao desenvolvimento das técnicas de engenharia foram gradativamente submetidos a alterações que vão desde sua estrutura física, química e biológica sobre diferentes tipos de usos e ocupação.

Os parâmetros analisados permitem concluir que dos nove pontos avaliados para RP seis pontos ultrapassaram 2 MPa, sendo que dos seis pontos que deram resposta acima de 2 MPa, os valores não foram uniforme em todas as profundidades de 5-40 cm, mas em condições naturais os valores de RP causam restrição para o desenvolvimento radicular das plantas.

Valores de densidade e umidade e classificação textural corroboraram para afirmar que os pontos nº 3, 5 e 9 não oferecem RP para o desenvolvimento das raízes, mas a análise de macronutrientes feita em seis pontos de nº 1 a 6 revelaram que com as devidas correções de pH e nutrientes no solo, aliado a um sistema de manejo adequado, nesses pontos o solo poderá ter o desenvolvimento de plantas.

#### REFERÊNCIAS

BRADY, N. C. O solo em perspectivas. Algumas propriedades físicas importantes dos solos minerais. **In: BRADY, N. C. Natureza e propriedades dos solos.** Tradução de Antônio B. Neiva Figueiredo. 7ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. Cap.2, p. 42-70.

BRAGA, G. N. M. **Na sala com Gismonti, assuntos sobre agronomia. Alumínio, o inimigo das plantas, 2012.** Disponível em<:<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com.br/2012/12/aluminio-o-inimigo-das-plantas.html> > Acesso: 24 de out. 2017.

BERTOLLO, A. M; MORAES, M. T; DEBIASI, H; FRANCHINI, J; MAZURANA, M; LEVIEN, R. Desenvolvimento radicular da Soja subsequente a plantas de cobertura em Latossolo com níveis de compactação. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. XXXV, 2015. Natal: Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2016, p. 1-4.**

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A, 1969.



CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geodiversidade do Estado de Rondônia**. Programa geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. ADAMY, A. (ORG.). Porto Velho-RO, 2010. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>> Acesso em: 12 ago. 2017.

DALMOLIN, R. S. D; PEDRON, F. A; AZEVEDO, A. C. Modificações do solo em áreas urbanas. In: DALMOLIN, R. S. D; PEDRON, F. A; AZEVEDO, A. C. **Solos & Ambiente. II Fórum. Os solos e as cidades**. Santa Maria: Orium, 2006. Cap. 1, p. 9- 23.

GOMES, M. A. et al. Solos, manejo e aspectos hidrológicos na bacia hidrográfica do Araújos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 93-102, jan. 2012.

GUBIANI, P. I.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Interação Entre Disponibilidade De Água e Compactação do Solo no Crescimento e na Produção de Feijoeiro. Viçosa, v.38, n.3, p.765-773, maio/jun., 2014,. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. ISSN 1806-9657. Disponível em:< [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832014000300008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832014000300008)>. Acesso: 03 jun. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Bases Cartográficas contínuas. **Folhas Topográficas, 1981**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas>> Acesso: 20 out. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados, Ji-Paraná**. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/ji-parana.html>>Acesso: 30 jul. 2017.

IAIA, A. M.; MAIA, J. C. S., KIM, M. E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.523-530, 2006.

INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. Ed. Piracicaba, 1998. 177 p. Disponível em:< [http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/>0/40A703B979D0330383257FA80066C007/\\$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/>0/40A703B979D0330383257FA80066C007/$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf)> Acesso: 24 de out. 2017.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2 Ed. Guanabara Koogan, 2008. 472p.

LIMA, R. P; SILVA, A. P; GIAROLA, N. F.B. Changes in soil compaction indicators in response to agricultural field traffic. Seul - Coreia do Sul: **Biosystems Engineering**, 2017. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511017301551>>Acesso em: 24 de ago. 2017.

LEITE, E. S; FERREIRA, F. A. C; JESUS, J. A. S; CEZAR, A. P. M; ARAUJO, J. W. P. Análise da Compactação do Solo no Sistema de Pastagem e Silvicultura. In: **CONGRESSO NORDESTINO DE ENGENHARIA FLORESTAL**. IV, 2013. Vitória da Conquista: IV Coneflor – III Seeflor, 2013, p.1-6.

MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 7 Jan. 2017.

PEREIRA, G. E. S.; LOCATELLI, M.; ROBISON, C. S. Compactação, Densidade e Fertilidade do Solo na Área de Preservação Permanente do Igarapé dos Tanques – Porto Velho (RO). Goiânia, v.13, n.23, p.1169-1580, 2016. **Revista Biosfera**. ISSN 2317-2606. Disponível em:< <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2016a/ciencias%20sociais/compactacao.pdf>>Acesso: 10 out. 2017.

PEDRON, F.A.; DINIZ, R. S. D; AZEVEDO, A. C; KAMINSKI, J. Solos urbanos. **Ciência rural**, v.34, n.5, p.1647-1653, 2004. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n5/a53v34n5.pdf> >Acesso: 24 de ago. 2017.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; NOGUEIRA, S. S. S.; MIRANDA, M. A. C. de. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 929-938, mai., 2000.

REICHERT, J. M; SUZUKI, L. E. A. S; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestas: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A; SILVA, L. S; REICHERT, J. M. **Tópicos em ciências do solo**. Viçosa-MG: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2007. Cap. 2, p.50-119.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; V., V. H. A. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999

RONDÔNIA. Município de Ji-Paraná. **Lei 1136, de 21 de dezembro de 2001**. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no Município de Ji-Paraná, institui o Plano Diretor do Município e dá outras providências. Ji-Paraná, RO. Disponível em:<[http://www.Ji-parana.ro.gov.br/Up/arquivos/2010/atos/AO\\_81\\_0d7f05c2352a0d2412c76f43be767786.pdf](http://www.Ji-parana.ro.gov.br/Up/arquivos/2010/atos/AO_81_0d7f05c2352a0d2412c76f43be767786.pdf)>Acesso: 03 de ago. 2017.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - SEDAM. **Boletim Climatológico de Rondônia, 2012**. Disponível em: <[http://images//2016/abril/coordenadorias/cogeo/boletins\\_anuais/BOLETIM\\_CLIMATOLOGICO\\_2010.pdf](http://images//2016/abril/coordenadorias/cogeo/boletins_anuais/BOLETIM_CLIMATOLOGICO_2010.pdf)> Acesso em: 20 jul. 2017.

SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, Brasil, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, vol. 24, núm. 1, 2000, pp. 191-199.

SILVA, A. A; CASTRO, S. S. Potencial e risco à compactação dos solos da microrregião de Quirinópolis, sudoeste do estado de Goiás. **Revista Territorial**. Goiás, v.2, n.1, p.106-127, 2013.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Recomendação para uso do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar - Stolf**. São Paulo, MIC/IAA/PNMCA-Planalsucar, 1983. 8p. (Série penetrômetro de impacto-Boletim, 1).

STOLF, R. **Penetrômetro de Impacto Stolf- programa de manipulação de dados em Excel-VBA**. UFSCar, 2011. Disponível em:< <http://www.cca.ufscar.br/drnpa/hprubismar.htm>>Acesso: 15 set. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Ed. 3. Los Angeles: Artmed, 2006.  
TORRES, L. C; BARROS, K. R. M; LIMA, H. V. Resistência do Solo à Penetração e Produção de Raízes e de Forragem em Diferentes Níveis de Intensificação do Pastejo. Viçosa: **Revista Brasileira de Ciência do Solo-PAB**, vo. 36, n. p.993-1004, 2012.

TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; PEREIRA, J. O.; GREJIANIN, R. L.; ANDREOLLA, V. R. M.; KONOPATZKI, M. R. S. Efeito do sistema de cultivo e da compactação na propriedade estrutural de um solo argiloso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35, 2006, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2006. 1 CD-ROM.

VAZ, C. M. P; HOPMANS, J. W; BASSOI, L. H. **Penetrômetro Combinado com Sensor de Umidade por TDR para Estudo da Compactação dos Solos**. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/instrumentacao/busca-de-publicacoes/publicacao/30399/penetrometro-combinado-com-sensor-de-umidade-por-tdr-para-estudo-da-compactacao-dos-solos>>Acesso: 03 de ago. 2017.