

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO E ATRIBUTOS QUÍMICOS EM UM LATOSSOLO DO PIAUÍ SOB MONOCULTIVOS E CONSÓRCIO DE GRAMINEAS IRRIGADOS

LARISSA CASTRO DIÓGENES¹; JÚLIO CÉSAR AZEVEDO NÓBREGA²; RAFAELA SIMÃO ABRAHÃO NÓBREGA²; ADERSON DE SOARES DE ANDRADE JÚNIOR³; JOSÉ LUIZ DA SILVA¹; SAMMY SIDNEY ROCHA MATIAS⁴ E GLENIO GUIMARÃES SANTOS⁵

¹ Universidade Federal do Piauí, Campus Universitário Professora Cinobelina Elvas - UFPI/CPCE. Rod. Bom Jesus – Viana, Km 01, Planalto Cibrazem, 64900-000, Bom Jesus, PI, Brasil.

² Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Rua Rui Barbosa, n. 710 Centro, 44380-000 - Cruz das Almas, BA – Brasil.

³ Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, 64006-22, Teresina, PI, Brasil.

⁴ Universidade Estadual do Piauí – UESPI/Campus Dep. Jesualdo Cavalcanti Barros. Rua Prof. Joaquina Nogueira Oliveira, s/n. CEP 64980-000 – Corrente (PI). E-mail: ymmsa2001@yahoo.com.br.

⁵ Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia. Rodovia Goiânia/Nova Veneza, km 0, Campus Universitário 74690900, Goiânia, GO.

1 RESUMO

Embora os benefícios proporcionados pela irrigação às plantas sejam sistematicamente conhecidos, há no Brasil, principalmente nos perímetros irrigados do Estado do Piauí, carência de estudos sobre o efeito dessa prática nos atributos físico, químico e biológico do solo. Com base neste enfoque o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de lâminas de irrigação em sistemas de produção sobre a resistência a penetração da raiz (RP) e atributos químicos de um Latossolo Amarelo Distrófico, visando a implantação do sistema de integração lavoura-pecuária no Perímetro Irrigado Gurguéia, PI. O trabalho foi desenvolvido na Unidade Experimental da Embrapa Meio-Norte, em Alvorada do Gurguéia, PI, entre 2009/2010. Para avaliação dos sistemas de produção de milho e braquiária em condição solteira e consorciada foi instalado um experimento em faixa, que corresponde a duas lâminas de irrigação por aspersão ($L_1 = 647,9$ mm e $L_2 = 564,5$ mm), cada uma subdividida em blocos com plantio de milho, braquiária e consórcio milho + braquiária. Foram avaliados a RP e os atributos químicos nas profundidades de 0-10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m. Para a caracterização química foram determinados o pH em água, cátions trocáveis, acidez trocável, fósforo disponível e matéria orgânica. Através dessas determinações foi possível constatar que os sistemas de produção do solo influenciaram a RP a partir da profundidade de 0-0,10 m com aumento da mesma em relação a mata nativa na seguinte sequência: milho > consórcio > braquiária. Dentre os sistemas de produção, as maiores alterações nos atributos químicos foram verificadas no consórcio quando submetido a L_1 e cultivo de braquiária quando submetida a L_2 de irrigação.

Palavras-chave: *Zea mays*, *Brachiaria ruziziensis*, Lâminas de irrigação.

DIÓGENES, L. C.; NÓBREGA, J.C.A.; NÓBREGA, R.S.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SILVA, J.L.; MATIAS, S.S.R.; SANTOS, G.G.
RESISTANCE TO PENETRATION AND ATTRIBUTES CHEMICALS IN A PIAUÍ OXISOL UNDER MONOCULTURES AND GRASSES CONSORTIUM IRRIGATION
2 ABSTRACT

Although benefits proportioned to plants through irrigation have been systematically known, there is in Brazil, mainly in irrigated perimeters of Piauí State, shortage of studies on effects of this practice in relation to chemical, physical and biological attributes of soil. Based on this focus this work aimed to evaluate the following in production systems: the influence of irrigation blades on the resistance to penetrate the root (RP) and chemical attributes of a dystrophic yellow oxisol, aiming to the implantation of crop-livestock integration system at Gurguéia irrigated perimeter, PI. The work was developed at Embrapa experimental Middle-North unit, at Alvorada do Gurguéia, PI, between 2009/2010. To evaluate corn and *Brachiaria* production system under single and consortiated condition a stripe experiment was installed, this corresponds to two irrigation blades per sprinkling ($L_1 = 647.9$ mm and $L_2 = 564.5$ mm), each one subdivided in blocks with corn, *Brachiaria* and consortiated *Brachiaria* + corn. RP and other chemical attributes were evaluated at 0-10, 0.10-0.20 and 0.20-0.30 m depths. For chemical characterization, water pH, exchangeable cation, exchangeable acidity, phosphorus available and organic matter, were determined. Through these determinations it was possible to verify that soil production systems influenced RP from depth 0-0.10 m with increase of this in relation to native Forest in the following sequence: Corn > consortium > *Brachiaria*. Amongst production systems the greatest alterations in chemical attributes were verified in consortium when subjected to L_1 and *Brachiaria* cultivation when subjected to L_2 irrigation.

Keywords: *Zea mays*, *Brachiaria ruziziensis*, Irrigation blades.

3 INTRODUÇÃO

As regiões tropicais de solos intemperizados têm como desafio desenvolver sistemas de produção que possam manter a alta produtividade e a sustentabilidade ambiental (PIGNATARO NETO et al., 2009). O sistema consórcio de culturas tem sido uma atividade desenvolvida por pequenos produtores que buscam um maior aproveitamento da propriedade, reduzindo os riscos de perdas com aumento do retorno econômico (ANDREOTTI et al., 2008).

No entanto, em cultivo consorciado, as espécies normalmente diferem em altura e em distribuição das folhas no espaço, entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir por energia luminosa, água e nutrientes (ANDREOTTI et al., 2008; CRUZ et al., 2009). Com isso a escolha do melhor arranjo e da época ideal de semeadura é importante no desempenho desse sistema, pois as espécies forrageiras podem interferir no estado nutricional e no rendimento de grãos da outra cultura. Essa interferência depende das condições de solo, de clima, das cultivares utilizadas e do manejo empregado (CRUZ et al., 2009).

Assim, é importante conhecer as espécies vegetais a serem utilizadas no programa de consorciação, quanto à sua produção de matéria seca e tempo de decomposição, pois reflete diretamente na quantidade de palha sobre o solo e, conseqüentemente, nos seus atributos químicos, entre eles a capacidade de troca catiônica (CTC), que afeta diretamente a dinâmica de cátions no solo (ANDREOTTI et al., 2008). Efeitos positivos e, ou negativos do sistema consorciado têm sido observados sobre atributos físicos, químicos e biológicos dos solos (FLORES et al., 2007; FLORES et al., 2008; DIÓGENES et al., 2013).

Além disso, o cultivo de braquiária semeada em consórcio com o milho promove efeitos na estruturação do solo em profundidade, com melhorias nas qualidades físicas e físico-hídricas, decorrentes do aporte de matéria seca radicular no perfil do solo por essa forrageira perene (CALONEGO et al., 2011).

Na região do cerrado goiano, Santos et al. (2011) ao avaliarem a qualidade física de um Latossolo Vermelho sob pastagem contínua e sistema de integração lavoura-pecuária (SILP), verificaram que os atributos físico-hídricos avaliados em todos os sistemas de cultivo e da pastagem contínua em todas as profundidades foram alterados, quando comparados com a área sob cerrado nativo, efeito contrário ao observado por Araujo et al. (2010), que não observaram melhoria na qualidade física do solo no cerrado piauiense. O uso intenso de máquinas, implementos agrícolas e pisoteio animal no SILP tem sido considerado uma das principais causas da compactação do solo e da resistência mecânica do solo à penetração das raízes, o que pode culminar com a redução do crescimento da parte aérea e da produtividade das culturas (SANTOS et al., 2011).

Estudos têm demonstrado também que o uso exclusivo do solo com cultivos de grãos em sistemas de manejo convencional, bem como o manejo inadequado das pastagens, com superpastagem e pastoreio contínuo durante todo o ano, expõe parcialmente o solo, facilitando a perda de nutrientes arrastados pela erosão (CAVALLINI et al., 2010), provocando aumento da compactação, redução de macroporos e aumento do microporos. Além disso, a ausência de corretivos químicos para repor os nutrientes perdidos do solo e, ou removidos pelas culturas, resulta em menor produção de resíduos vegetais, e conseqüentemente, menor aporte de material orgânico no solo (PORTUGAL et al., 2010), atributo de importância para a sustentabilidade dos solos tropicais, uma vez que a matéria orgânica é o principal agente gerador de cargas elétricas negativas responsáveis pela retenção de nutrientes, água entre outros, além de servir de substrato e contribuir para a manutenção da diversidade biológica do solo (ANDRADE et al., 2014).

Na região semiárida do Estado do Piauí, a incerteza quanto a disponibilidade de água durante a estação chuvosa faz com que a prática da irrigação seja um otimizador do uso do solo. No entanto, embora os benefícios proporcionados pela irrigação sejam conhecidos para as culturas, pois minimiza as incertezas quanto a disponibilidade de água durante as fases mais críticas do ciclo das plantas, efeitos negativos dessa prática sobre alguns atributos físicos, químicos e biológicos do solo precisam ser melhor conhecidos, conforme já demonstrado por alguns pesquisadores (PEREIRA et al., 2012; DIÓGENES et al., 2013).

Por ser ainda recente a geração de conhecimento científico no que diz respeito às modificações promovidas na resistência à penetração e atributos químicos do solo decorrentes do sistema consorciado de milho e braquiária no Piauí, principalmente em áreas sob vegetação original de caatinga, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de lâminas de irrigação em sistemas de produção sobre alguns atributos de um Latossolo Amarelo Distrófico, visando a implantação do SILP no Perímetro Irrigado Gurguéia, no sul do Piauí.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Unidade Experimental da Embrapa Meio-Norte (08°25'28"S, 43°46'38"W e altitude de 280 m) no município de Alvorada do Gurguéia, localizado no sudoeste do Piauí, a 450 km da capital, Teresina, PI, durante os anos de 2009/2010.

O clima da região segundo Thornthwaite & Mather foi definido como sub-úmido seco, megatérmico (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). A precipitação pluviométrica média anual é definida pelo Regime Equatorial Continental, com isoietas anuais de 700 a 1.200 mm. O período chuvoso estende-se de novembro a dezembro e de abril a maio, sendo que os meses de janeiro, fevereiro e março formam o trimestre mais úmido do ano, com temperatura variando de 26 a 36 °C.

O solo da área experimental apresenta relevo plano a suave ondulado, sendo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico textura média (SANTOS et al., 2013) e até o ano de 2006 estava coberto por vegetação de caatinga nativa. Nos anos agrícolas de 2007 e 2008 foi cultivada com mamoneira (*Ricinus communis* L). Dois meses antes da instalação do experimento, amostras de solo foram coletadas para caracterizações químicas e físico-hídricas da área experimental na profundidade de 0-0,20 m, seguindo a metodologia de Donagema et al. (2011) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental antes da instalação do experimento em Alvorada do Gurguéia, Piauí.

pH	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	m
H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					----%----				
6,66	4,62	5,50	0,08	1,58	0,71	0,01	0,00	1,02	2,38	3,39	70,24	0,00

MO = matéria orgânica; P = fósforo disponível; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis; H+Al = acidez potencial; SB = soma de bases; T = capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

Tabela 2. Caracterização físico-hídrica do solo da área experimental antes da instalação do experimento em Alvorada do Gurguéia, Piauí.

Areia	Silte	Argila	Ds	CC	PM	CAD
-----g kg ⁻¹ -----		--Mg m ⁻³ --		-----%-----		
864	25	110	1,52	13,54	7,72	11,64

Ds- densidade do solo; CC - capacidade de campo (10 kPa); PMP - ponto de murcha permanente (1500 kPa); CAD - capacidade de água disponível.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 4 repetições, dispostos em parcelas subdivididas em esquema fatorial (3 x 2 x 2), sendo três sistemas de produção (monocultivos de milho e de braquiária e consórcio entre milho e braquiária), arranjados aleatoriamente nos blocos; duas lâminas de irrigação (L₁ = 647,9 mm e L₂ = 564,5 mm), com base na evaporação do tanque classe A, dispostas em faixas nos blocos e duas profundidades de coleta de solo (0 - 0,10 e de 0,10 - 0,20 m), totalizando 48 parcelas experimentais. Para cada tratamento, coletaram-se 10 amostras simples de solo para compor uma amostra composta, que foi repetida três vezes em cada parcela, totalizando 144 amostras.

O tamanho de cada parcela experimental foi de 12 x 24 m, totalizando 288 m². As parcelas que receberam o monocultivo do milho apresentaram 15 linhas espaçadas a 0,8 m. Para as parcelas que receberam o monocultivo da braquiária e consórcio milho (*Zea mays*) e *Brachiaria*, apresentaram 30 linhas espaçadas a 0,4 m. A área útil de todas as parcelas foi de 95 m². O arranjo espacial utilizado no sistema consorciado correspondeu a uma relação fixa de 1:1, uma fileira de milho para uma de braquiária.

O preparo do solo foi o convencional e constou de uma roçagem e duas gradagens cruzadas (aradora e niveladora). A semeadura do milho, híbrido simples BRS 1030 foi realizada manualmente, deixando-se cinco plantas por metro linear após o desbaste, em

monocultivo e consórcio. A braquiária foi semeada em sulcos, na profundidade de 0,05 m, usando-se uma densidade equivalente a 12 kg ha⁻¹ de sementes, misturada com o superfosfato triplo, aos 23 dias após a semeadura (DAS) do milho, no estágio de cinco a seis folhas.

As adubações de plantio do milho e da braquiária em monocultivo e consórcio foram realizadas segundo análise de solo (Tabela 1) e necessidades das culturas. Para o milho foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N (uréia); 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples); 30 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) e 5 kg ha⁻¹ de Zn (sulfato de zinco). Para a braquiária foram aplicados 30 kg ha⁻¹ de N; 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ de K₂O e 5 kg ha⁻¹ de Zn. Na adubação de plantio da braquiária, um terço do superfosfato simples foi aplicado misturado com a semente da gramínea. O cloreto de potássio e a uréia foram aplicados após a semeadura da braquiária, misturado com os dois terços restantes do superfosfato simples.

A adubação de cobertura do milho foi realizada em duas etapas: a primeira por ocasião da emissão da quarta folha (24 DAS), utilizando-se 40 kg ha⁻¹ de N e 15 kg ha⁻¹ de K₂O e a segunda, após a emissão da oitava folha (37 DAS), com as mesmas fontes de nutrientes minerais e dosagem. Para a braquiária, a adubação ocorreu 15 DAS, utilizando-se 60 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O.

As plantas daninhas foram controladas por meio de duas capinas e o desbaste do milho realizado com a finalidade de deixar apenas cinco plantas por metro linear. Para o controle de pragas (*Spodoptera frugiperda*) realizaram-se três pulverizações por meio de um pulverizador costal (20 litros), com inseticida à base de *lefenuron*, na dosagem de 30 mL do produto comercial para cada 20 litros de água.

As irrigações foram executadas por meio de um sistema de aspersão convencional fixo composto por duas linhas laterais, instaladas em um espaçamento de 12 x 12 m e operando simultaneamente. As linhas laterais de PVC possuíam diâmetro nominal de 50 mm e comprimento de 78 m. Cada linha lateral possuía sete aspersores, com dois bocais de 4,2 x 3,2 mm, raio de alcance de 12 m, vazão de 1,80 m³ h⁻¹ e pressão de serviço de 250 KPa. O bloco experimental foi coberto por seis aspersores, três em cada linha lateral.

Durante a condução do experimento foram medidos os valores médios das lâminas de irrigação aplicadas utilizando-se nove coletores, instalados em cada bloco experimental, perfazendo um total de 27 coletores, distribuídos em três linhas centrais paralelas aos aspersores. O tempo das irrigações foi calculado com o auxílio de uma planilha eletrônica em software Excel[®] Microsoft, onde foram registrados os valores diários da precipitação pluviométrica e da evapotranspiração de referência, estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006), com base nos dados climáticos diários da estação agrometeorológica automática, instalada no interior da Unidade Experimental a aproximadamente 100 m do local onde foi instalado o experimento.

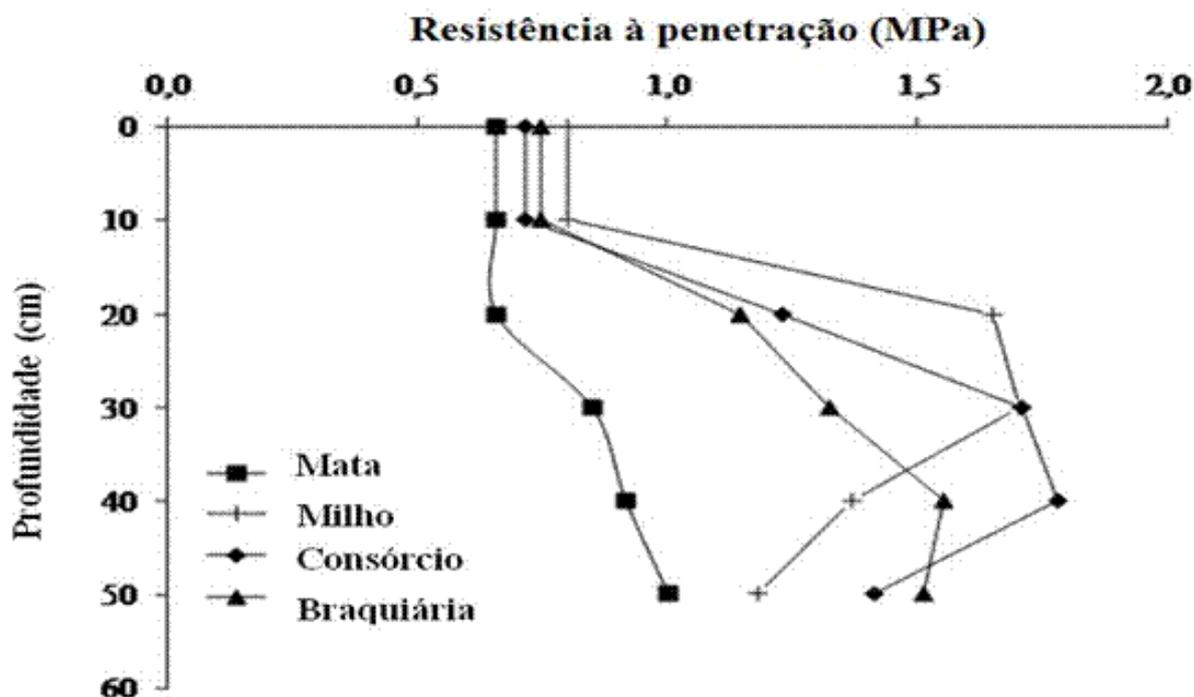
Em novembro de 2009 procedeu-se a colheita do milho e determinou-se o total de água acumulado em cada lâmina, de modo que a lâmina 1 (L₁) recebeu 647,9 mm e a lâmina 2 (L₂) 564,5 mm de água. Em seguida, foi determinada a resistência a penetração (RP) através de um penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR STOLF e coletadas amostras compostas obtidas a partir de seis amostras simples, com um trado holandês, nas três profundidades de 0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, com quatro repetições. Em seguida foram homogêneas, embaladas em sacos plásticos previamente identificados e encaminhadas para o laboratório da Universidade Federal do Piauí/ Campus Bom Jesus, onde foram destorroadas, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm para as seguintes determinações: pH em água (1:2,5); cátions trocáveis, acidez trocável e fósforo disponível (Mehlich-1) e matéria orgânica de acordo com recomendações da Donagema et al. (2011).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ utilizando o programa estatístico Sisvar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de produção influenciaram a RP a partir da profundidade de 0-0,10 m (Figura 1), com aumento da mesma em relação a mata nativa na seguinte sequência: milho > consórcio > braquiária, provavelmente devido ao fato do sistema radicular possuir capacidade de penetração no solo diferenciada conforme a espécie, concordando com Carneiro et al. (2009).

Figura 1. Resistência à penetração em razão de diferentes sistemas de produção e profundidades de um Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.



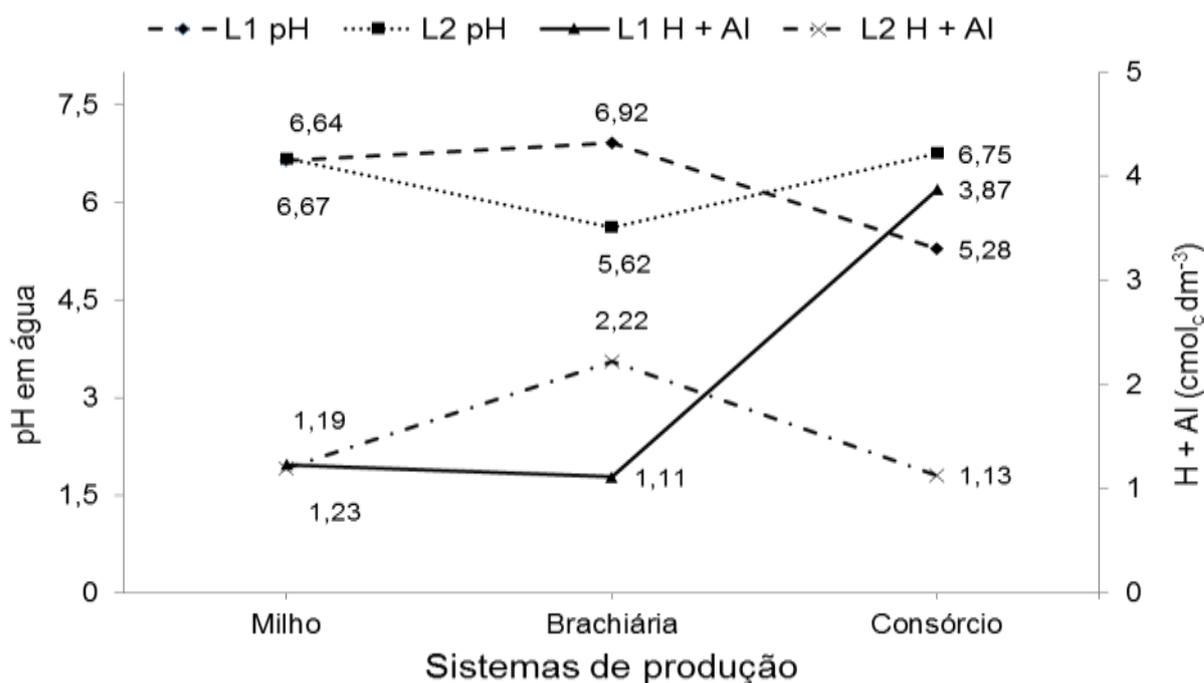
A braquiária, por exemplo, é uma espécie que apresenta sistema radicular agressivo para crescimento em profundidade no solo, no entanto, nas camadas mais compactadas, onde a resistência mecânica é maior essa espécie necessita de maior energia para o crescimento radicular (CAVALLINI et al., 2010). Matias et al. (2009) estudando sistemas de manejo diferentes concluíram que o uso do solo com pastagem e milho alterou a estrutura física deste, evidenciado pelo aumento na RP e densidade do solo, com redução na macroporosidade.

É importante também destacar que qualquer RP superior a 2 MPa pode reduzir o crescimento e o desenvolvimento radicular (MATIAS et al., 2009; PRAGANA et al., 2012). No presente estudo todos os sistemas de produção apresentaram valores inferiores a 2 MPa, tais valores também podem ser atribuídos à irrigação. Segundo Assis et al. (2009), a RP depende do teor de água no solo, ou seja, à medida que se aumenta o teor de água, diminui-se a RP e vice-versa. Com o aumento do teor de água, decresce a atuação das forças de coesão

entre as partículas do solo e o atrito interno, promovendo a diminuição da RP (MATIAS et al., 2009).

Para os componentes da acidez do solo foi verificado efeito de interação entre lâminas e sistemas de produção para o pH e H + Al ($p < 0,01$) (Figura 2) e de interação tripla entre todos os tratamentos (sistemas de produção, profundidades e lâminas de irrigação) ($p < 0,05$) para o Al^{3+} e saturação por alumínio (m).

Figura 2. Valores de pH e H+Al em razão das lâminas de irrigação ($L_1= 647,9$ mm e $L_2= 564,5$ mm) e diferentes sistemas de produção em Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.



Para o pH verificou-se maior condição de acidez na área sob consórcio da lâmina um (L_1) e no solo sob braquiária em cultivo solteiro da lâmina dois (L_2). No caso do H + Al, Al^{3+} e saturação por Al^{3+} (%) o comportamento foi inverso, com ocorrência de maior valor nesses tratamentos (Figura 2 e Tabela 3). Segundo Cruz et al. (2009), a maior quantidade de raízes no sistema consorciado contribui para a redução do pH, devido ao maior consumo de bases trocáveis pelo sistema radicular e consequente liberação de prótons no meio para o estabelecimento do equilíbrio químico (SANTOS et al., 2009).

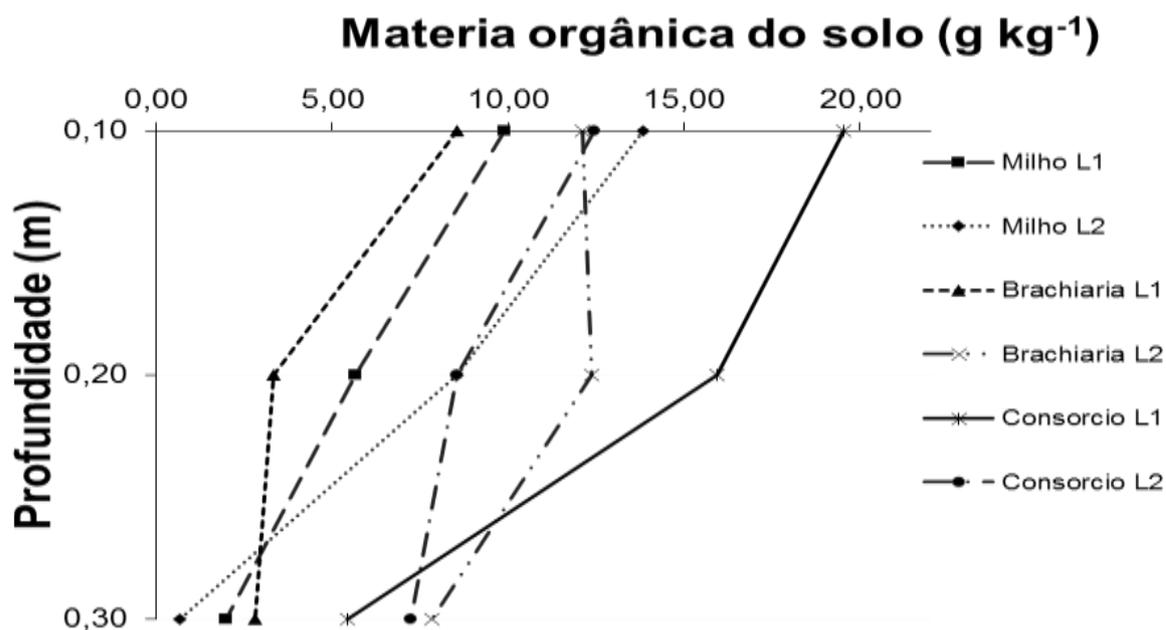
Tabela 3. Valores de Al^{3+} e m% em razão das lâminas de irrigação ($L_1= 647,9$ mm e $L_2= 564,5$ mm) e diferentes sistemas de produção em Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.

Sistemas de Produção	Lâmina de irrigação			
	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂
	---- Al^{3+} (cmol _c dm ⁻³)----		----- m% -----	
	----- 0 – 0,10 m -----			
Milho	0,00 B	0,00 B	0,00 A	0,00 A
Braquiária	0,00 B	0,07 A	0,00 A	6,25 A
Consórcio	0,30 A	0,00 B	7,68 A	0,00 A
	----- 0,10 – 0,20 m -----			
Milho	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 A
Braquiária	0,00 B	0,02 A	0,00 B	1,85 A
Consórcio	0,75 A	0,00 B	22,94 A	0,00 A
	----- 0,20 – 0,30 m -----			
Milho	0,00 B	0,00 B	0,00 B	0,00 B
Braquiária	0,00 B	0,37 A	0,00 B	24,25 A
Consórcio	0,70 A	0,00 B	33,72 A	0,00 B

Letras maiúsculas referem-se a comparações dentro de uma mesma lâmina de irrigação e profundidade pelo teste de Tukey a $p < 0,05$.

Os valores obtidos para matéria orgânica no solo (MOS) (Figura 3), demonstram que o consórcio acumulou mais MOS do que os demais sistemas de produção. Apesar do maior valor de MOS ter ocorrido no consórcio, os valores encontrados no presente estudo, independente dos tratamentos, são baixos. Ocorrência de baixo valor de MOS tem sido comum em solos do Piauí, provavelmente devido a textura mais arenosa dos solos (Tabela 2) que contribui para menor proteção da mesma ao ataque microbiano e as elevadas condições de temperatura da região que contribui para a oxidação da mesma (DIÓGENES et al., 2013).

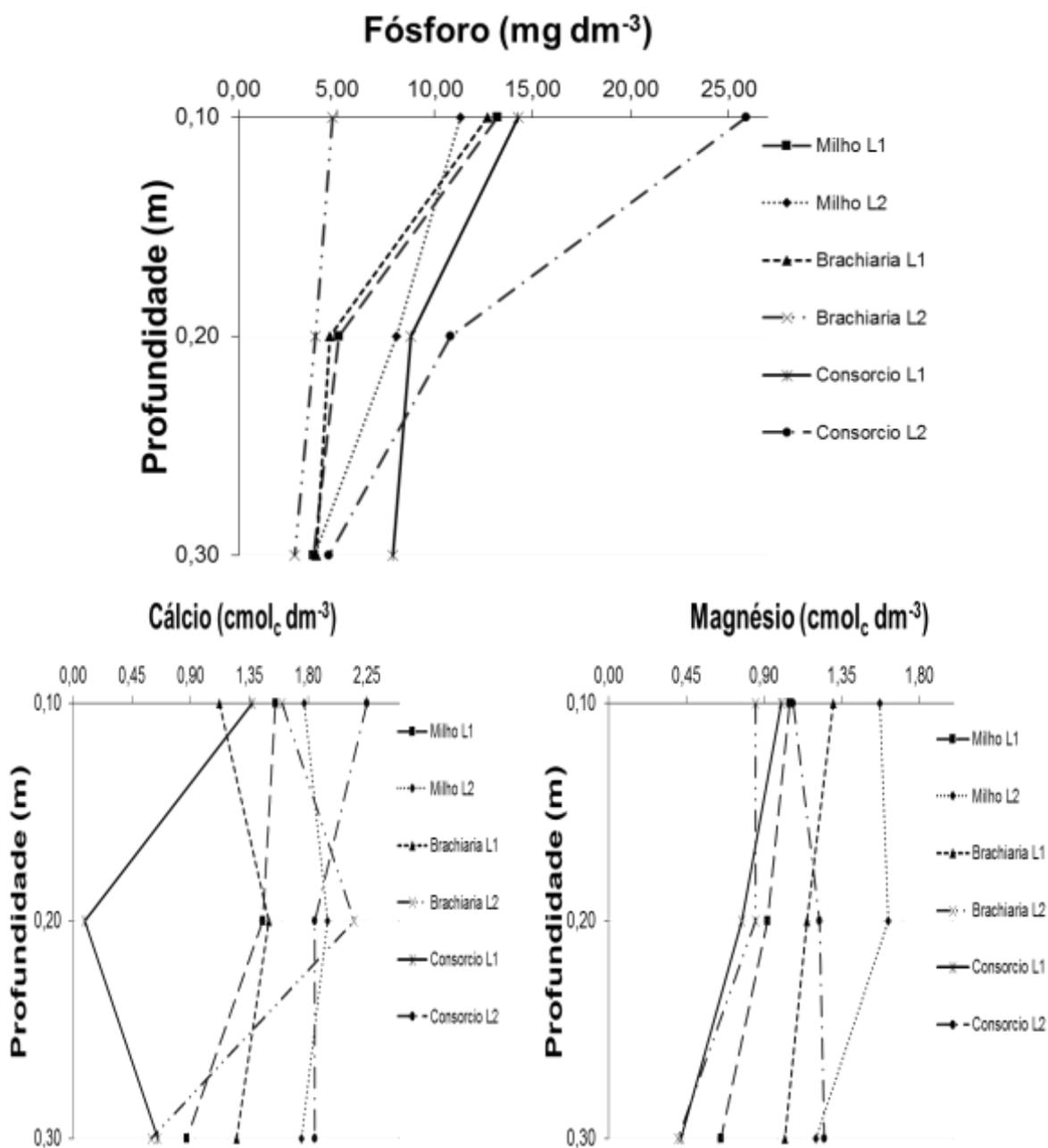
Figura 3. Valores de matéria orgânica do solo em razão das lâminas de irrigação ($L_1= 647,9$ mm e $L_2= 564,5$ mm) e sistemas de produção em Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.



Para os teores de P (Figura 4) verificou-se, no geral, maior valor na camada de 0-0,10 m e L_2 do solo sob consórcio ($p < 0,05$). A ocorrência de maiores valores de P na camada superficial do solo é proveniente da aplicação de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição de resíduos vegetais pelos microrganismos e da menor fixação de P devido ao menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos do solo (SANTOS et al., 2009). Maior acúmulo de MOS em superfície contribui para uma maior complexação dos constituintes orgânicos do solo (decorrentes da decomposição) com os óxidos de Fe e Al, protegendo contra a adsorção e fixação do P.

No caso específico do consórcio, o maior teor de P nesse tratamento (0-0,10 e 0,10-0,20 m) pode ser decorrente da menor extração pelas culturas de braquiária e milho, em solo com menor disponibilidade de água, uma vez que o transporte do elemento no solo ocorre por difusão. Silveira & Stone (2001) e Diógenes et al. (2013) ao avaliarem a resposta do feijoeiro a doses de P e lâminas de irrigação verificaram resposta mais acentuada sobre o rendimento de grãos pelo efeito das lâminas de água do que pelas doses de P, com baixa resposta a adubação fosfatada quando houve baixa lâmina de água aplicada.

Figura 4. Valores de fósforo (P), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) em razão das lâminas de irrigação ($L_1= 647,9$ mm e $L_2= 564,5$ mm) e sistemas de produção em Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.



Os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} (Figura 4) e K^+ (Tabela 4) foram também influenciados pelos tratamentos ($p < 0,05$) com efeitos de interação tripla para o Ca^{2+} e Mg^{2+} e de interação dupla entre lâminas de irrigação e sistemas de produção como também lâminas irrigação e profundidades para o K^+ ($p < 0,05$). Para o K^+ verificou-se também que, independentemente da profundidade, sistemas de produção e lâminas de irrigação, os teores foram extremamente baixos, o que segundo Lima et al. (2010), pode ser atribuído, entre outros fatores, a maior mobilidade desse elemento no solo, principalmente quando associado a solos de baixa a média CTC como o do presente estudo (Tabela 1).

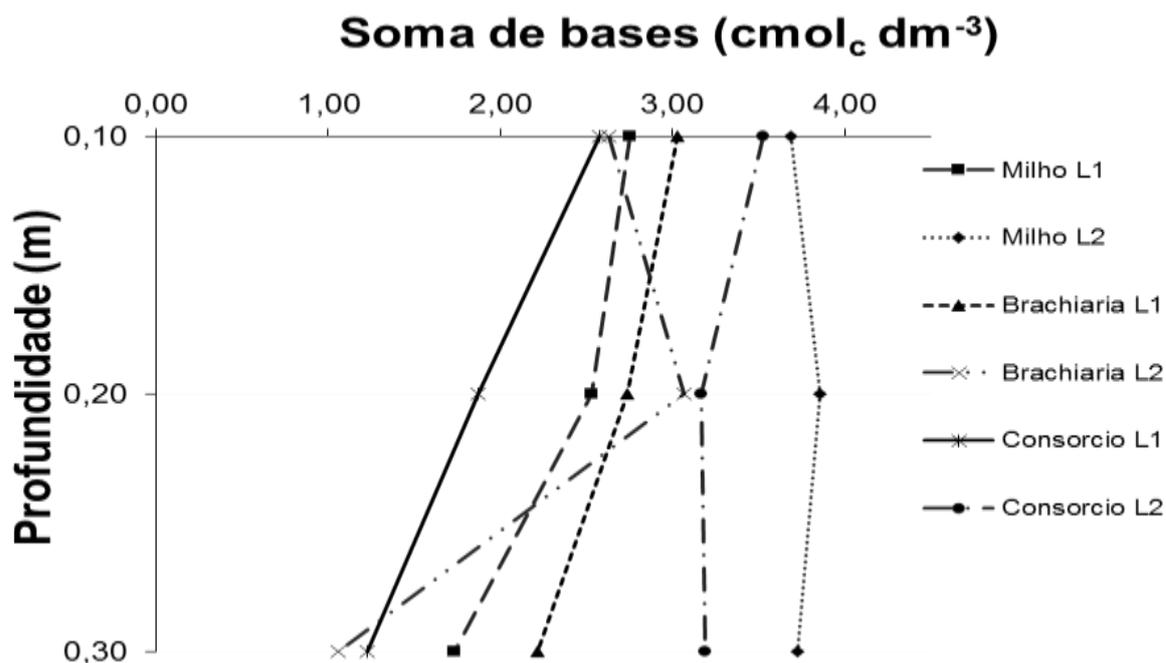
Tabela 4. Análise de médias dos valores de K^+ em razão das lâminas de irrigação ($L_1= 647,9$ mm e $L_2= 564,5$ mm), sistemas de produção e profundidade em Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.

Sistema de Produção	Lâminas de irrigação	
	L_1	L_2
	----- K^+ ($cmol_c dm^{-3}$)-----	
Milho	6,50 A	11,08 A
Braquiária	4,37 B	3,99 B
Consórcio	6,83 A	5,08 B
Profundidade (m)		
0-0,10	6,83 A	9,38 A
0,10-0,20	5,40 A	5,90 B
0,20-0,30	5,48 A	4,87 B

Letras maiúsculas referem-se a comparações dentro de uma mesma lâmina de irrigação e profundidade pelo teste de Tukey a $p<0,05$.

Quando se analisa os valores de soma de bases (SB) (Figura 5), que representa o somatório dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , verifica-se para L_2 redução do valor no solo sob braquiária (0-010 m) demonstrando que, mesmo em ambiente com menor disponibilidade hídrica, a mesma consegue remover maior quantidade de nutrientes do solo quando comparado ao solo com milho em sistema solteiro e consorciado.

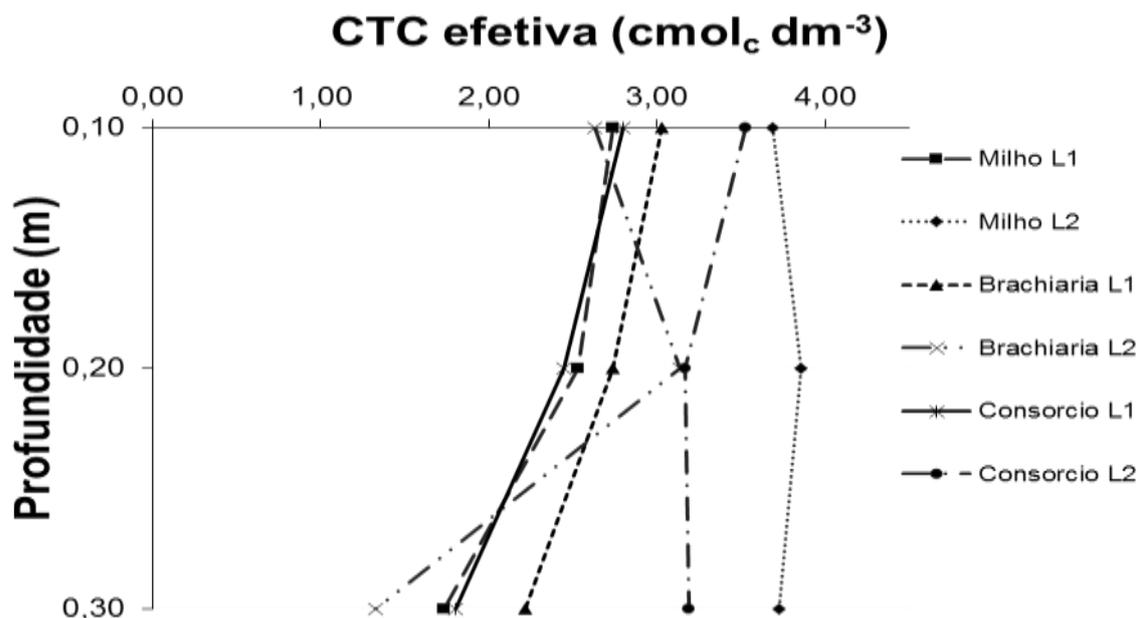
Figura 5. Valores de soma de bases (SB) em razão das lâminas de irrigação ($L_1= 647,9$ mm e $L_2= 564,5$ mm) e sistemas de produção em Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.



O comportamento da CTC efetiva (t) (Figura 6) e potencial (T) (Tabela 5) foi semelhante, indicando que as lâminas de irrigação influenciaram a movimentação dos nutrientes no perfil do solo. Para T ocorreu interação dupla entre lâminas e sistemas de

produção e individual para profundidade. Sendo que, o menor valor de t foi verificado no solo com cultivo de braquiária (0-0,10 e 0,20-0,30 m) na L_2 e para T nas profundidades 0-0,10 e 0,10-0,20 m dos solos sob cultivo de milho e braquiária em sistema solteiro na L_1 .

Figura 6. Valores de capacidade de troca de cátions efetiva (t) em razão das lâminas de irrigação ($L_1= 647,9$ mm e $L_2= 564,5$ mm), sistemas de produção e profundidade em Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.



O maior valor de T no solo (Tabela 5) sob consórcio decorre do aumento do teor de MOS (Figura 3) verificado neste tratamento em relação aos cultivos solteiro, decorrente da maior produção de fitomassa proporcionada por ambas as culturas, na mesma área. Sabe-se que a CTC do solo é importante para a fertilidade do mesmo, pois indica a capacidade deste em adsorver cátions trocáveis, que irão servir de nutrientes para as plantas (CARNEIRO et al., 2009).

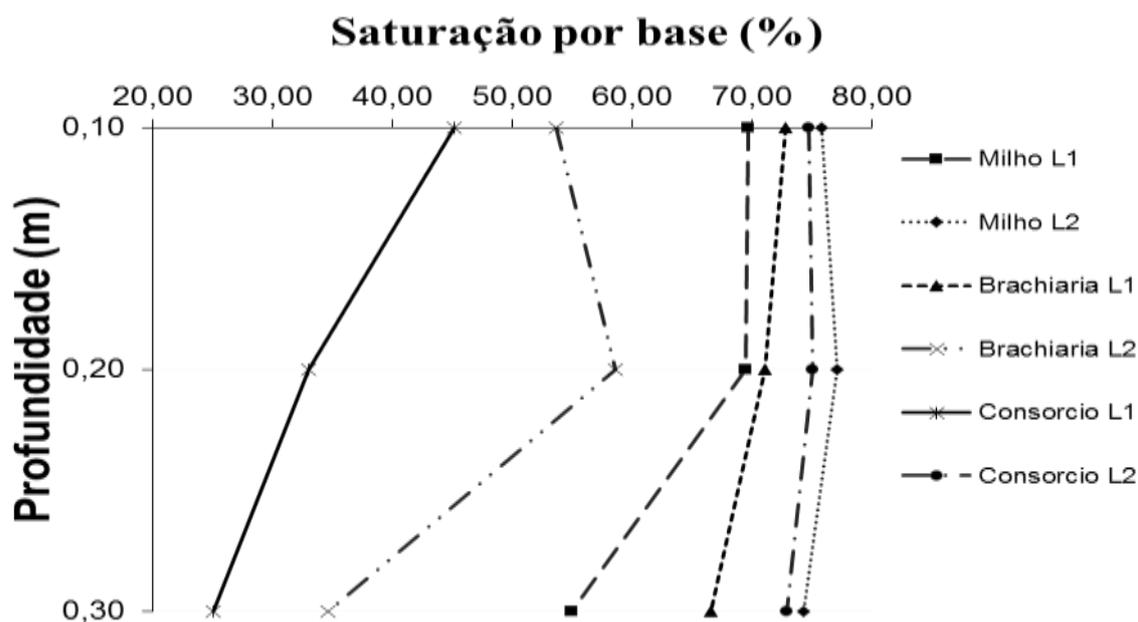
Tabela 5. Análise estatística dos valores de capacidade de troca de cátions potencial (T) em razão das lâminas de irrigação ($L_1= 647,9$ mm e $L_2= 564,5$ mm) e sistemas de produção de um Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.

Sistemas de Produção	Lâminas de irrigação	
	L_1	L_2
-----T (cmol _c dm ⁻³)-----		
Milho	3,57 B	4,95 A
Braquiária	3,77 B	4,48 A
Consórcio	5,76 A	4,43 A
Profundidade (m)		
0-0,10	0,10-020	0,20-0,30
4,76 A	4,70 A	4,02 B

Letras maiúsculas referem-se a comparações dentro de uma mesma lâmina de irrigação e profundidade pelo teste de Tukey a $p<0,05$.

A porcentagem de saturação por bases (Figura 7) foi influenciada pelos tratamentos, ocorrendo o menor valor no solo sob consórcio da L₁ e cultivo com braquiária na L₂. No primeiro caso, esse valor é consequência da maior extração de nutrientes pelas culturas de milho e braquiária que contribuem para elevar a quantidade de raízes, concordando com Cruz et al. (2009) ou da lixiviação de nutrientes devido à maior disponibilidade de água no solo, conforme destacado por Pereira et al. (2012). O segundo caso, pode ser devido à grande capacidade de extração de nutrientes pela braquiária mesmo em solo com menor disponibilidade de água.

Figura 7. Valores de porcentagem de saturação por bases (V%) em razão das lâminas de irrigação (L₁= 647,9 mm e L₂= 564,5 mm), sistemas de produção e profundidade em Latossolo Amarelo Distrófico na região de Alvorada do Gurguéia, Piauí.



A variação dos valores de V% nas profundidades, bem como nos demais nutrientes estudados, indicam que as lâminas de irrigação influenciam o comportamento dos mesmos de forma qualitativa ou quantitativa. Em relação às plantas de cobertura, foi verificado que as mesmas podem influenciar a distribuição dos nutrientes no solo de acordo com o sistema radicular e a capacidade de extração dos nutrientes.

6 CONCLUSÕES

Os sistemas de produção de milho, braquiária e consórcio milho/braquiária influenciaram a resistência mecânica do solo à penetração a partir da profundidade de 0-0,10 m com aumento da mesma em relação à mata nativa na seguinte sequência: milho solteiro > consórcio milho/braquiária > braquiária solteiro.

Dentre os sistemas de produção, as maiores alterações nos atributos químicos foram verificadas no consórcio quando submetido a L₁ (647,9 mm) e cultivo solteiro da braquiária quando submetido a L₂ (564,5 mm) de irrigação.

7 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: Guia para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 56).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Classificação climática e regionalização do Semi-Árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n. 2, p. 143-151, 2005.
- ANDRADE, F. R. et al. Desempenho agrônômico do milho a doses e épocas de aplicação de nitrogênio no Cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias / Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, p. 358-366, 2014.
- ANDREOTTI, M. et al. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.
- ARAÚJO, F. S. et al. Qualidade física de um latossolo amarelo sob sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n.3, p. 717-723, 2010.
- ASSIS, R. L. et al. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 558-568. 2009.
- CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C. Intervalo hídrico ótimo e compactação do solo com cultivo consorciado de milho e braquiária. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2183-2190 2011.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 33, n. 4, p.147-157, 2009.
- CAVALLINI, M. C. et al. Relações entre produtividade de *Brachiaria brizantha* e atributos físicos de um Latossolo do Cerrado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, p. 1007-1015, 2010.
- CRUZ, S. C. S. et al. Consórcio de milho e *Brachiaria decumbens* em diferentes preparos de solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 633-639, 2009.
- DIÓGENES, L. C. et al. Microbial attributes and carbon and nitrogen stocks in Latosol under irrigated monocropping and intercropping. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, p. 106-111, 2013.
- DONAGEMMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. revisado. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FLORES, J. P. C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 771-780, 2007.

FLORES, J. P. C. et al. Atributos químicos do solo em função da aplicação superficial de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária submetido a pressões de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2385-2396, 2008.

LIMA, J. S. S. et al. Análise espacial de atributos químicos do solo e da produção da cultura pimenta-do-reino (*piper nigrum*, l.). **Idesia**, v. 28, n. 2, p. 31-39, 2010.

MATIAS, S. S. R. et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.3, p.331-338, 2009.

PEREIRA, S. B. et al. Lâminas de água condicionando atributos físicos de um Latossolo cultivado com milho (*Zea mays* L.). **Revista Agrarian**, v.5; n. 17, p.251-262, 2012.

PIGNATARO NETO, I. T.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1441-1448, 2009.

PRAGANA, R. B. et al. Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 36, n. 5, p. 1591-1600, 2012.

PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 575-585, 2010.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. revisado e ampliado. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, G. G. et al. Qualidade física do solo sob sistemas de integração lavoura -pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1339-1348, 2011.

SANTOS, H. P. et al. Atributos químicos e físicos de solo sob pastagens perenes de verão. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 1037-1046, 2009.

SILVEIRA, P. M.; L. F. STONE, L. F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 25, p. 387-394, 2001.