



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-9644

Dezembro, 2006

Documentos 199

Características climáticas e atributos dos solos dos sítios de fenotipagem para tolerância à seca da Embrapa Arroz e Feijão, em Goiás

Luís Fernando Stone
Silvando Carlos da Silva
Cleber Morais Guimarães

Santo Antônio de Goiás, GO
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (0xx62) 3533 2100
Fax: (0xx62) 3533 2123
sac@cnpaf.embrapa.br
www.cnpaf.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Carlos Agustín Rava*
Secretário: *Luiz Roberto da Silva Rocha*
Pedro Luiz de Oliveira Machado

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*
Revisão de texto: *Marina A. Souza de Oliveira*
Capa: *????*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (2006): 500 exemplares

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Arroz e Feijão

Stone, Luís Fernando.

Características climáticas e atributos dos solos dos sítios de fenotipagem para tolerância à seca da Embrapa Arroz e Feijão, em Goiás / Luís Fernando Stone, Silvando Carlos da Silva, Cleber Moraes Guimarães. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

19 p. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 199)

1. Solo. 2. Clima. I. Silva, Silvando Carlos da. II. Guimarães, Cleber Moraes. III. Título. IV. Embrapa Arroz e Feijão. V. Série.

CDD 631.4 (21. ed.)

© Embrapa 2006

Autores

Luís Fernando Stone

Engenheiro Agrônomo, Doutor em
Solos e Nutrição de Plantas,
Embrapa Arroz e Feijão
Rod. GO 462, Km 12
75375-000 Santo Antônio de Goiás - GO
stone@cnpaf.embrapa.br

Silvando Carlos da Silva

Engenheiro Agrícola, Mestre em
Agrometeorologia,
Embrapa Arroz e Feijão
silvando@cnpaf.embrapa.br

Cleber Morais Guimarães

Engenheiro Agrônomo, Doutor em
Fisiologia Vegetal,
Embrapa Arroz e Feijão
cleber@cnpaf.embrapa.br

Apresentação

Em muitas das regiões produtoras de arroz de terras altas ocorrem períodos de deficiência hídrica durante a estação chuvosa, quando é feito o cultivo desse cereal. Devido à suscetibilidade dessa cultura ao estresse hídrico, esses períodos causam sérios decréscimos de produtividade. Uma das maneiras de contornar esse problema é desenvolver cultivares de arroz com maior tolerância à deficiência hídrica. Com esse enfoque, a Embrapa Arroz e Feijão, junto com parceiros, vêm desenvolvendo projetos que objetivam identificar genes e fazer fenotipagem para resistência à seca. Para tanto, foram selecionados dois sítios em Goiás, um em Santo Antônio de Goiás e outro em Porangatu, onde os experimentos são conduzidos. Pretende-se utilizar um modelo computacional que simule o comportamento de gramíneas em condições variadas de clima e solo, para auxiliar na análise dos dados obtidos. Como esse modelo requer informações climáticas e de solo, procedeu-se a caracterização edafoclimática dos dois sítios, a qual é apresentada neste documento.

Beatriz da Silveira Pinheiro
Chefe-Geral da Embrapa Arroz e Feijão

Sumário

Introdução	9
Clima	10
Solo	13
Atributos químicos	13
Atributos físicos	15
Atributos hídricos	16
Referências bibliográficas	18

Características climáticas e atributos dos solos dos sítios de fenotipagem para tolerância à seca da Embrapa Arroz e Feijão, em Goiás

Luís Fernando Stone

Silvando Carlos da Silva

Cleber Moraes Guimarães

Introdução

De maneira geral, a deficiência hídrica ocorre, em maior ou menor intensidade, nas regiões produtoras de arroz de terras altas, ocasionando frustrações de safra. A deficiência hídrica no solo é um problema para a cultura durante todo o seu ciclo, porém a fase reprodutiva é a mais vulnerável. Conforme Steinmetz et al. (1988), nessas regiões há grande chance de ocorrência de períodos com baixa disponibilidade de chuva durante os meses chuvosos (janeiro-março), denominados de veranicos, os quais afetam a fase reprodutiva da cultura. Considerando-se esses aspectos e o fato de a irrigação ser muito dispendiosa e às vezes impraticável, é recomendável que as novas cultivares de arroz de terras altas apresentem adaptabilidade às condições de instabilidade climática. Essa capacidade de adaptação é determinada pelo acúmulo de genes favoráveis à produtividade nessas condições. Com o conhecimento da base fisiológica da variabilidade genética disponível para a resistência à seca, haverá orientações para a escolha dos progenitores a comporem os cruzamentos destinados à produção de cultivares para as regiões com provável ocorrência de deficiência hídrica. Baseando-se no exposto, a Embrapa Arroz e Feijão está caracterizando fenotipicamente genitores, efetuando cruzamentos ao nível de pré-melhoramento e avaliando linhas segregantes para resistência à seca nos projetos Orygens - Inovações genômicas para o descobrimento de genes e melhoramento genético de gramíneas e Drought Phenotyping Network, financiados, respectivamente, pela Embrapa e pelo Generation Challenge Program. Os projetos são desenvolvidos, com a participação de parceiros, em

vários sítios de fenotipagem com condições climáticas diversas, porém propícias para a condução dos experimentos que demandam controle da água no solo. Entre os sítios de fenotipagem, dois são localizados em Goiás. O primeiro na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, e o segundo na Estação Experimental da Agenciarrural, em Porangatu. O projeto Orygens tem como objetivo principal a identificação de genes para a resistência à seca em gramíneas, enquanto o Drought Phenotyping Network objetiva a implantação de uma rede nacional de fenotipagem para a resistência à seca das culturas do arroz, milho, sorgo, trigo e feijão, a maioria delas de grande interesse para a região norte do Estado de Goiás. São conduzidos ainda, nos dois sítios, experimentos de modelagem do projeto Whole Plant Modeling, financiado pelo Generation Challenge Program, da parceria Embrapa/Cirad para a coleta de dados fenotípicos e de crescimento do arroz e sorgo, assim como das características químicas, físicas e hídricas de solo para a calibração do Modelo SARRAH desenvolvido pelo Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) para ser usado na simulação do comportamento do arroz, milho e sorgo, nas mais variadas condições de clima e solo. Em razão disso, este trabalho objetivou a caracterização edafo-climática dos dois sítios de fenotipagem no Estado de Goiás.

Clima

O município de Santo Antônio de Goiás está localizado a 16°28' de latitude Sul e 49°17' de longitude Oeste (Figura 1), com altitude de 823m. Segundo a classificação de Köppen, essa localidade apresenta clima Aw, tropical de savana, mesotérmico.

O regime pluvial é bem definido, ou seja, período chuvoso de outubro a abril e período seco de maio a setembro. A precipitação pluvial média anual é de 1.461,8 mm. Dezembro e março são os meses com a maior precipitação pluvial, com médias superiores a 200 mm, e julho é o que apresenta a menor média de chuva, inferior a 5 mm.

A evapotranspiração potencial (ET_p) situa-se em torno de 1923,4 mm ano⁻¹, com média mensal de cerca de 120 mm no período chuvoso e 130 mm no período seco. O mês de agosto apresenta o maior valor de ET_p, com uma perda de água média para atmosfera de 152 mm.

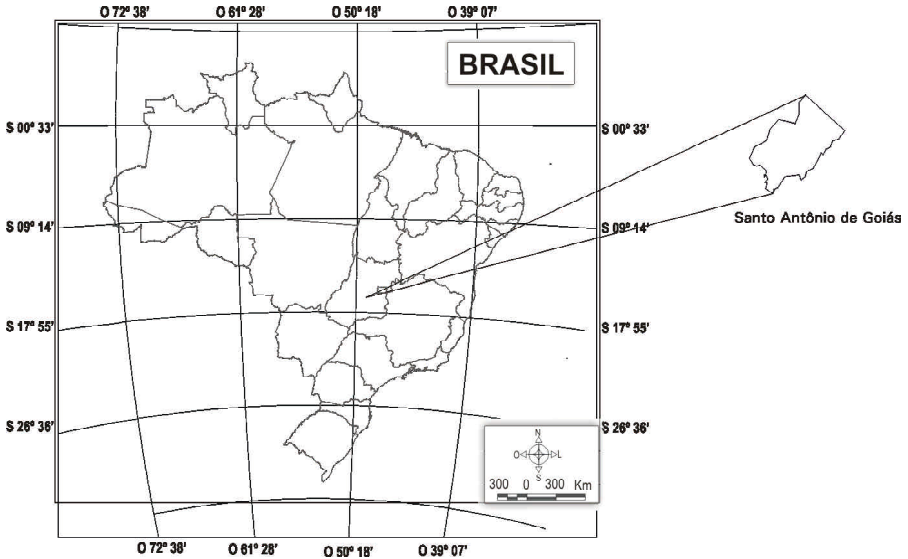


Fig. 1. Localização geográfica do município de Santo Antônio de Goiás, GO.

A temperatura média anual do ar é de $22,6^{\circ}\text{C}$, e o mês de junho apresenta a menor média de temperatura mínima do ar ($14,2^{\circ}\text{C}$). As temperaturas máximas, média mensal, ao longo do ano nas duas estações (chuvosa e seca) na região de Santo Antônio de Goiás não diferem, apresentando valores em torno de 29°C . Entretanto, a temperatura mínima, média mensal, situa-se em torno de 19°C na estação chuvosa e em torno de 16°C , na estação seca. O mês de junho é o mais frio, com a temperatura mínima entre 9°C e 17°C . Os meses de setembro e outubro são os mais quentes, com temperaturas máximas médias em torno de 31°C .

Os valores máximos médios de umidade relativa do ar são da ordem de 80% e ocorrem nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. A partir de abril, a média da umidade relativa do ar tende a diminuir, até atingir seus valores mínimos médios nos meses de inverno, de julho a setembro, principalmente em agosto (50%). A partir de setembro, esse elemento climático tende a aumentar.

O número de horas de luz (insolação) é função da época do ano e da latitude. Na região de Santo Antônio de Goiás, a insolação média diária supera a oito horas, de maio a agosto, e no período de setembro a abril, encontra-se entre quatro e sete horas.

O município de Porangatu está localizado a $13^{\circ}18'$ de latitude Sul e $49^{\circ}07'$ de longitude Oeste (Figura 2), com altitude de 391m. Segundo a classificação de Köppen, essa localidade apresenta clima Aw, tropical de savana, megatérmico.

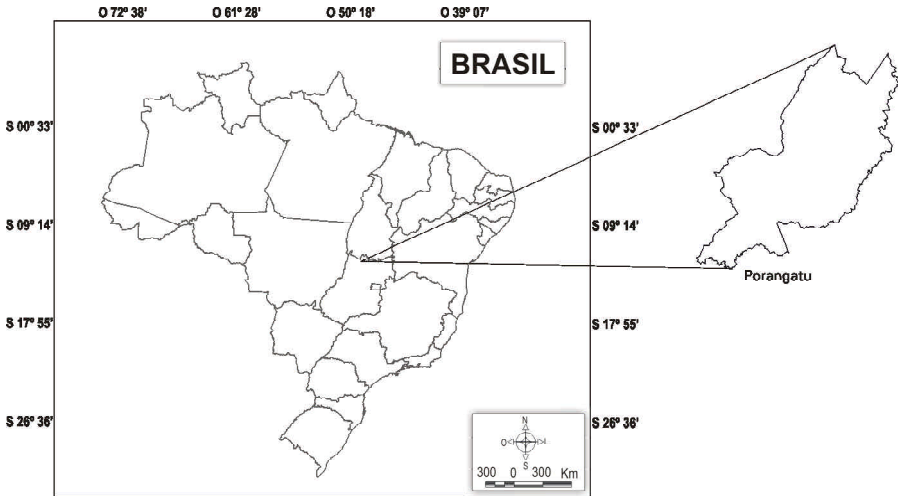


Fig. 2. Localização geográfica do município de Porangatu, GO.

O regime pluvial é bem definido, ou seja, período chuvoso de outubro a abril e período seco de maio a setembro. A precipitação pluvial anual nesse sítio apresenta, em média, um valor de 1.684,8 mm. Novembro e dezembro são os meses com a maior precipitação pluvial, com médias superiores a 300 mm, e julho é o que apresenta a menor média de chuva, inferior a 5 mm.

As temperaturas máximas, média mensal, ao longo do ano, nas estações chuvosa e seca na região de Porangatu, apresentam valores em torno de 35°C e 37°C . Entretanto, a temperatura mínima, média mensal, na estação chuvosa é de 21°C , sendo na estação seca, de 19°C . O mês de junho é o mais frio, com temperatura mínima entre 16°C e 23°C . Os meses de agosto e setembro são os mais quentes, com temperaturas máximas médias em torno de 37°C .

Os valores máximos médios de umidade relativa do ar (82%) ocorrem nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. A partir de abril, a média da umidade relativa do ar tende a diminuir, até atingir seus valores mínimos médios nos

meses de inverno, de julho a setembro, principalmente em agosto (50%). A partir de setembro, a umidade relativa do ar tende a aumentar.

Solo

Os solos dos dois sítios são classificados como Latossolo Vermelho distrófico.

Atributos químicos

Para a determinação dos atributos químicos do solo, em fevereiro de 2006 foram abertas cinco trincheiras em cada um dos sítios e retiradas três amostras deformadas por trincheira, em cada uma das camadas de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade. Foram determinados o pH e os teores de Ca, Mg, Al, P, K, Cu, Zn, Fe, Mn e matéria orgânica. Os micronutrientes, o P e o K foram extraídos pela solução de Mehlich 1 (HCl 0,5 N + H₂SO₄ 0,025 N), e o Ca, Mg e Al, pelo KCl 1 N. O pH foi determinado em água, na proporção de 1:2,5, e os micronutrientes, o Ca e o Mg por absorção atômica, o P por colorimetria, o K por fotometria de chama, o Al por titulação com NaOH 0,01 N e a matéria orgânica pelo método do dicromato com aquecimento suplementar. Todas as determinações seguiram as metodologias apresentadas em Embrapa (1997).

Observa-se que a maior fertilidade do solo do sítio de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás restringe-se à camada de 0-20 cm de profundidade (Tabelas 1 e 2). Nessa camada, os teores de P e de K são considerados altos de acordo com Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988). Nas demais camadas, os teores de P são considerados muito baixos e os de K, médios. Os teores de Ca e Mg são considerados baixos em todas as camadas, com exceção da camada superficial em que o teor de Mg é considerado médio.

A fertilidade do solo do sítio de fenotipagem de Porangatu (Tabelas 1 e 2) é menor que a do de Santo Antônio de Goiás. De acordo com Comissão de Fertilidade de Solos de Goiás (1988), o teor de P é considerado muito baixo em todas as camadas. O teor de K varia de alto na camada superficial, médio na camada de 20-40 cm, e baixo nas demais camadas. Similarmente ao sítio de Santo Antônio de Goiás, os teores de Ca e Mg são considerados baixos em todas as camadas, com exceção da camada superficial em que o teor de Mg é considerado médio.

Os teores de Cu e Fe estão acima dos níveis críticos, respectivamente 0,4 e 2,5-5,0 mg dm⁻³ (Fageria et al., 1999), em ambos os sítios de fenotipagem. Considerando 1,0 mg dm⁻³ como nível crítico de Zn (Fageria et al., 1999), apenas a camada superficial do sítio de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás apresenta teores acima desse nível. O nível crítico de manganês situa-se ao redor de 10 mg dm⁻³ (Fageria et al., 1999). Assim, observa-se que até 40 cm de profundidade os solos dos dois sítios de fenotipagem apresentam teores desse elemento acima do nível crítico. Com relação à matéria orgânica, segundo Fageria et al. (1999), o teor é considerado médio nas camadas superficiais dos dois sítios de fenotipagem e baixo nas demais camadas.

Tabela 1. pH, e teores de Al e macronutrientes dos solos dos sítios de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás e Porangatu, GO. Médias de 15 repetições.

Camada (cm)	pH	Al	Ca (cmol dm ⁻³)	Mg	P (mg dm ⁻³)	K
Santo Antônio de Goiás						
0-20	5,5	0,1	1,7	0,6	11,7	74
20-40	5,3	0,2	0,7	0,3	0,7	44
40-60	5,3	0,2	0,5	0,2	0,5	33
60-80	5,5	0,0	0,5	0,2	0,3	31
Porangatu						
0-20	5,5	0,1	1,6	0,5	2,9	59
20-40	5,2	0,1	0,5	0,2	0,6	32
40-60	5,3	0,0	0,4	0,2	0,4	22
60-80	5,3	0,0	0,3	0,2	0,3	14

Tabela 2. Teores de micronutrientes e de matéria orgânica dos solos dos sítios de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás e Porangatu, GO. Médias de 15 repetições.

Camada (cm)	Cu	Zn (mg dm ⁻³)	Fe	Mn	Matéria orgânica (g dm ⁻³)
Santo Antônio de Goiás					
0-20	1,0	1,5	33	26	21
20-40	1,1	0,6	28	11	14
40-60	1,0	0,3	25	8	9
60-80	0,9	0,2	27	8	6
Porangatu					
0-20	0,8	0,8	46	31	19
20-40	0,6	0,2	33	10	11
40-60	0,5	0,1	25	8	8
60-80	0,4	0,1	24	7	5

Atributos físicos

Nas cinco trincheiras abertas em cada um dos sítios, foram retiradas três amostras indeformadas, três deformadas e três torrões, em cada uma das camadas de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm de profundidade, para determinação dos atributos físicos do solo. As amostras indeformadas foram usadas na determinação da densidade do solo e da microporosidade, as deformadas na determinação da textura e da densidade de partículas e os torrões na determinação do diâmetro dos agregados. A textura foi determinada pelo método da pipeta, a densidade do solo pelo método do anel volumétrico e a porosidade total pela relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas, a qual foi determinada pelo método do balão volumétrico. A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão, sendo considerada igual a umidade volumétrica do solo a tensão de 6 kPa, a macroporosidade pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade e o diâmetro dos agregados, pelo tamisamento via úmida. Todas as determinações seguiram as metodologias apresentadas em Embrapa (1997).

O solo do sítio de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás apresenta uma uniformidade textural no perfil avaliado (Tabela 3), sendo classificado como argiloso. No sítio de Porangatu, o teor de argila aumenta e o de areia decresce com a profundidade do solo (Tabela 3), mudando a classificação textural de argila arenosa no perfil de 0-60 cm para argila na camada de 60-80 cm de profundidade.

Tabela 3. Resultado da análise granulométrica dos solos dos sítios de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás e Porangatu, GO. Médias de 15 repetições.

Camada (cm)	Textura (g kg ⁻¹)			Classificação textural
	Argila	Silte	Areia	
Santo Antônio de Goiás				
0-20	489	140	371	Argiloso
20-40	589	100	311	Argiloso
40-60	589	120	291	Argiloso
60-80	549	120	331	Argiloso
Porangatu				
0-20	429	80	491	Argila arenosa
20-40	449	80	471	Argila arenosa
40-60	489	80	431	Argila arenosa
60-80	549	60	391	Argiloso

O solo do sítio de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás apresenta compactação na camada de 20-40 cm de profundidade, indicada pelo maior valor da densidade

do solo e menores porosidade total e macroporosidade (Tabela 4). Essa compactação provavelmente deve-se ao chamado “pé-de-arado”, visto que nessa profundidade é observada a ação mais energética de equipamentos como o arado e grade aradora utilizados para o preparo do solo. Nas demais camadas, os valores da macroporosidade estão ao redor do limite mínimo estabelecido como aceitável para esse atributo, que é de $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Vomocil & Flocker, 1961; Bayer et al., 1972; Kiehl, 1979), embora esse valor limite dependa do tipo de planta e do nível de atividade biológica do solo (Gupta et al., 1989). No sítio de Porangatu, a densidade do solo diminui e a porosidade total e a macroporosidade aumentam com a profundidade (Tabela 4). Isso se deve provavelmente ao aumento do teor de argila com a profundidade, uma vez que a argila é menos densa que a areia. Pela mesma razão, a agregação também aumenta em profundidade. Em Santo Antônio de Goiás, a agregação praticamente não varia com a profundidade do solo.

Tabela 4. Atributos físicos dos solos dos sítios de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás e Porangatu, GO. Médias de 15 repetições.

Camada (cm)	Densidade do solo (Mg m^{-3})	Porosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)			Agregados com diâmetro > 2 mm (%)	DMP ¹ (mm)
		Macro	Micro	Total		
Santo Antônio de Goiás						
0-20	1,32	0,09	0,41	0,50	31,3	1,92
20-40	1,41	0,08	0,39	0,47	30,5	1,93
40-60	1,34	0,10	0,40	0,50	34,3	2,02
60-80	1,33	0,12	0,38	0,50	30,1	1,83
Porangatu						
0-20	1,48	0,09	0,35	0,44	31,3	1,93
20-40	1,50	0,10	0,34	0,44	43,7	2,53
40-60	1,31	0,17	0,34	0,51	63,1	3,33
60-80	1,30	0,15	0,36	0,51	64,4	3,38

¹Diâmetro médio ponderado dos agregados

Atributos hídricos

Em cada sítio de fenotipagem, a curva de retenção da água do solo foi determinada em três amostras indeformadas por camada, coletadas nas cinco trincheiras mencionadas anteriormente. A retenção de água nas tensões de 6, 8, 10, 33, 60, 100 e 1500 kPa foi determinada pelo método da centrifuga, adaptado por Freitas Júnior & Silva (1984). As curvas de retenção foram ajustadas pelo modelo de Genuchten (1980), expresso pela seguinte equação: $\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (\alpha |\Phi m|)^n]^m$, em que θ é o conteúdo de umidade do solo, em $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$, θ_r é o conteúdo residual de umidade do solo, em $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$, θ_s é o conteúdo saturado de

umidade do solo, em $m^3 m^{-3}$, Φ_m é o potencial matricial da água do solo, em kPa, n e m ($m = 1-1/n$) são parâmetros empíricos adimensionais de ajuste, e α é um parâmetro empírico de ajuste expresso em kPa^{-1} . Os valores dos parâmetros são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros e coeficiente de determinação do ajuste das curvas de retenção de água do solo, segundo o modelo de Genuchten (1980), de diferentes camadas de solo dos sítios de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás e Porangatu, GO, obtidas pelo métodos da centrifugação. Médias de 15 repetições.

Camada (cm)	Parâmetros					
	q_s ($m^3 m^{-3}$)	q_r ($m^3 m^{-3}$)	α (kPa^{-1})	m	n	R^2
Santo Antônio de Goiás						
0-20	0,500	0,264	0,5549	0,3064	1,4417	0,987**
20-40	0,470	0,272	0,4843	0,3030	1,4348	0,987**
40-60	0,500	0,254	0,6065	0,3340	1,5016	0,989**
60-80	0,500	0,249	0,6870	0,3125	1,4545	0,990**
Porangatu						
0-20	0,440	0,248	0,5394	0,2787	1,3864	0,979**
20-40	0,440	0,233	0,5233	0,3418	1,5194	0,990**
40-60	0,510	0,219	0,8335	0,3486	1,5352	0,993**
60-80	0,510	0,234	0,7897	0,3384	1,5114	0,994**

Observa-se na Figura 3 que as duas primeiras camadas do solo do sítio de Santo Antônio de Goiás retêm mais água que as camadas inferiores devido, provavelmente, ao maior conteúdo de matéria orgânica nas camadas superficiais (Tabela 2). No sítio de Porangatu, a maior retenção de água ocorre na camada superficial devido, também, ao maior conteúdo de matéria orgânica (Tabela 2).

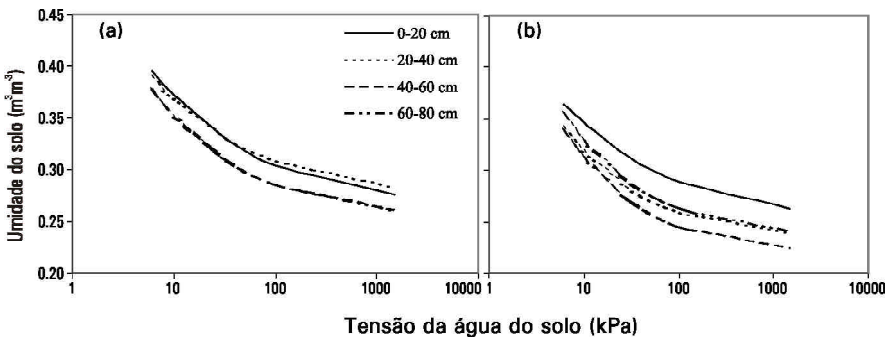


Fig. 3. Curvas de retenção de água do perfil dos solos dos sítios de fenotipagem de (a) Santo Antônio de Goiás e (b) Porangatu, GO. Médias de 15 repetições.

A capacidade de água disponível (CAD) dos solos dos dois sítios de fenotipagem, dada pela diferença do conteúdo de água na tensão de 10 kPa (capacidade de campo) e 1500 kPa (ponto de murcha), é apresentada na Tabela 6. No sítio de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás, a menor CAD na camada de 20-40 cm deve-se ao seu maior estado de compactação em relação às demais camadas, e a maior CAD na camada superficial está relacionada ao teor de matéria orgânica. No sítio de fenotipagem de Porangatu, a maior CAD em profundidade está relacionada com o aumento do teor de argila.

Tabela 6. Capacidade de água disponível dos solos dos sítios de fenotipagem de Santo Antônio de Goiás e Porangatu, GO. Médias de 15 repetições.

<i>Camada (cm)</i>	<i>Capacidade de água disponível (mm)</i>	
	<i>Santo Antônio de Goiás</i>	<i>Porangatu</i>
0-20	19,2	16,6
20-40	17,1	15,8
40-60	17,9	17,2
60-80	18,4	17,4

Referências Bibliográficas

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. 4. ed. New York: J. Wiley, 1972. 529 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás: 5ª aproximação**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1988. 101 p. (Convênio Informativo Técnico, 1).

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294 p.

FREITAS JÚNIOR, E. de; SILVA, E. M. da. Uso da centrífuga para determinação da curva de retenção de água do solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.19, n.11, p.1423-1428, nov. 1984.

GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept./Oct. 1980.

GUPTA, S. C.; SHARMA, P. P.; DEFRANCHI, S. A. Compaction effects on soil structure. **Advances in Agronomy**, New York, v. 42, p. 311-338, 1989.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**: relação solo-água-plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F. N.; FOREST, F. **Caracterização do regime pluviométrico e do balanço hídrico do arroz de sequeiro em distintas regiões produtoras do Brasil**: síntese e interpretação dos resultados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1988. 66 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 23).

VOMOCIL, J. A.; FLOCKER, W. J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 4, n. 1, p. 242-246, 1961.

