

## 3. AMBIENTES DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL

O ambiente de produção de cana-de-açúcar é definido em função das condições físicas, hídricas, morfológicas, químicas e mineralógicas dos solos sob manejo adequado da camada arável em relação ao preparo, calagem, adubação, adição de vinhaça, torta de filtro, palha no plantio direto, do controle de ervas daninhas e pragas, mas sempre associadas às propriedades da subsuperfície dos solos e, principalmente, ao clima regional (precipitação pluviométrica, temperatura, radiação solar, evaporação).

Portanto, ambiente de produção é a soma das interações dos atributos de superfície e principalmente de subsuperfície, considerando-se, ainda, o grau de declividade onde os solos ocorrem na paisagem, associadas com as condições climáticas.

Os componentes do ambiente de produção (Figura 1) são representados pela profundidade, a qual tem direta relação com a disponibilidade de água e com o volume de solo explorado pelas raízes; pela fertilidade, como fonte de nutrientes para as plantas; pela textura, relacionada com os níveis de matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e disponibilidade hídrica; e pela água, como parte da solução do solo, que é vital para a sobrevivência das plantas.



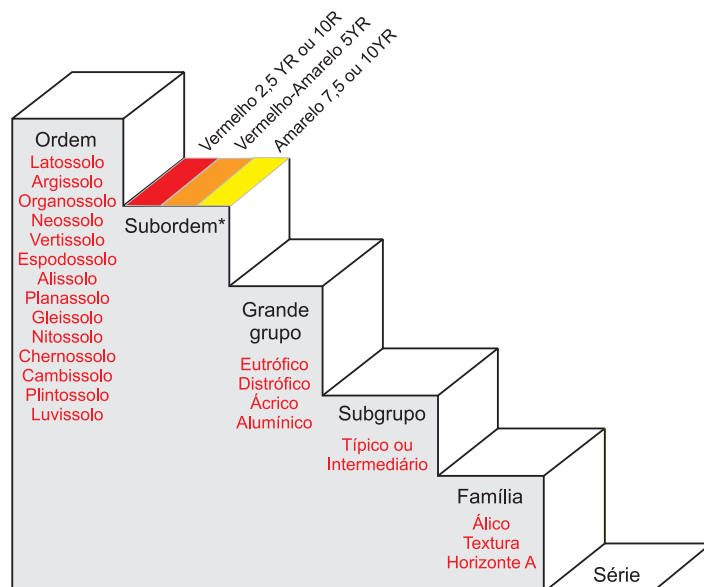
Figura 1. Componentes do ambiente de produção.

Para um adequado conhecimento do ambiente de produção é necessário, em primeiro lugar, classificar os solos. A Figura 2 mostra a hierarquia de classificação de solos, segundo a EMBRAPA (1999). Geralmente, a classificação de solos até o terceiro nível (grande grupo) é suficiente para se fazer o enquadramento no ambiente de produção.

### TEXTURA E ÁGUA

A textura do solo se refere à distribuição porcentual de argila, silte, areia fina e areia grossa na terra fina seca ao ar. Dependendo do teor de argila a textura pode ser arenosa, média, argilosa ou muito argilosa (Figura 3).

Hélio do Prado<sup>1</sup>



\* Exclusivo dos Latossolos, Argissolos e parte dos Nitossolos.

Figura 2. Hierarquia da classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

### Textura

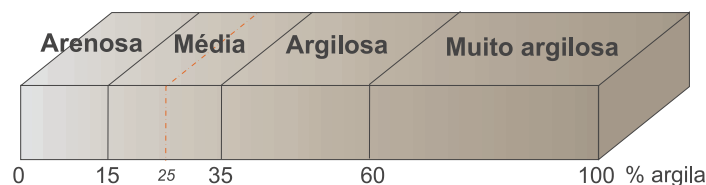


Figura 3. Textura do solo.

No teste de campo avaliam-se a argila no solo molhado pela sua pegajosidade, o silte pela sua sedosidade, e a areia pela sua aspereza.

O teor de argila é importante por vários aspectos: por influir diretamente na disponibilidade de água e nas condições químicas (CTC, matéria orgânica), por ser utilizado no cálculo das doses de gesso e também na classificação de solos pelo cálculo do gradiente textural.

Na legenda de solos do projeto Ambicana (Ambientes de Produção de Cana-de-açúcar), por exemplo, o limite de textura média foi subdividido, por se considerar muito amplo o limite de 15% a 35% de argila e, conseqüentemente, muito ampla a disponibilidade hídrica.

Solos com menor teor de argila apresentam menor disponibilidade de água; porém, isso não significa que os solos com teor de argila mais elevado disponibilizam maior volume de água. Os

<sup>1</sup> Pesquisador Científico do Centro de Cana do Instituto Agrônomo (IAC/Apta/SAA), Ribeirão Preto, SP; e-mail: [heprado@terra.com.br](mailto:heprado@terra.com.br); website: [www.pedologiafacil.com](http://www.pedologiafacil.com)

Latossolos argilosos e os Latossolos muito argilosos possuem reduzida disponibilidade hídrica devido a sua estrutura e principalmente a forte microagregação da fração argila, ressecando o solo em poucas horas. Nos Latossolos ácidos os microagregados são ainda mais evidentes, por isso são os solos que se ressecam mais facilmente.

A Figura 4 mostra detalhadamente os microagregados de Latossolos da usina Jalles Machado, de Goianésia (GO). Esses microagregados foram observados também no Latossolo Vermelho ácido na região de Tupaciguara (MG), que mostrou ressecamento 5 horas após uma chuva de 25 mm, conforme a Figura 5.



**Figura 4.** Microagregados no Latossolo Vermelho da usina Jalles Machado, em Goianésia (GO).  
**Original:** Rober Ricardo de Matos.



**Figura 5.** Ressecamento da camada superficial de Latossolo Vermelho ácido.  
**Original:** Hélio do Prado.

Além da argila, o silte, o teor de areia fina e o de areia grossa também influem no armazenamento de água no solo. Solos com teores muito altos de silte dificultam a infiltração de água em profundidade (Figura 6), como observado no Cambissolo da usina Jalles Machado em Goianésia (GO).

Como consequência da reduzida infiltração de água, ocorre erosão no sulco, quando a declividade favorece o arraste de partículas (Figura 7), e perda de área plantada (Figura 8), pela dificuldade do trânsito de máquinas agrícolas.



**Figura 6.** Baixa infiltração de água no Cambissolo da usina Jalles Machado, em Goianésia (GO).  
**Original:** Thiago Germano Piveta.



**Figura 7.** Erosão no sulco no Cambissolo da usina Jalles Machado, em Goianésia (GO).  
**Original:** Thiago Germano Piveta.



**Figura 8.** Perda de área plantada no Cambissolo da usina Jalles Machado, em Goianésia (GO).  
**Original:** Thiago Germano Piveta.



Outro aspecto físico relacionado ao elevado teor de silte no solo refere-se à dificuldade da cana-de-açúcar em romper a camada siltosa endurecida, causando falhas no estande (Figura 9).



**Figura 9.** Dificuldade de brotação da cana-de-açúcar cultivada no Cambissolo da usina Jalles Machado, em Goianésia (GO). Original: Thiago Germano Piveta.

A estrutura do solo está relacionada à sua textura, pois os agregados estruturais são influenciados pelo teor de argila, silte e tipo de areia (fina ou grossa). Existe maior disponibilidade hídrica quando há melhor estruturação do solo, como, por exemplo, na estrutura em blocos dos Nitossolos Vermelhos (anteriormente Terras Roxas Estruturadas), em relação à estrutura granular forte dos Latossolos Vermelhos férricos (Latosolos Roxos).

A coloração dos agregados estruturais tem relação direta com o tipo de drenagem interna no perfil. Se o agregado estrutural apresentar cor mosqueada (cores contrastantes, com predomínio de uma delas) ou variegada (duas cores, mais ou menos na mesma proporção, na massa do solo) significa que o solo disponibiliza água por mais tempo, comparado a um mesmo solo sem essas características. Comparativamente, a velocidade de infiltração da água da chuva ou de irrigação é bem mais lenta no primeiro caso e, como consequência, a água permanece por mais tempo no perfil do solo.

## FERTILIDADE

As condições químicas do solo influem diretamente nos ambientes de produção. A Tabela 1 apresenta os critérios químicos da camada subsuperficial dos solos adotados pela Embrapa (1999), com modificações em itálico por Prado (2004).

Segundo Landell et al. (2003), a condição química do horizonte subsuperficial é determinante da produtividade da cana-de-açúcar, ampliando-se essa correlação com a produtividade (TCH) com o avançar dos cortes. Verificou-se, nessa pesquisa, que a produtividade nas soqueiras decresceu significativamente na seguinte ordem: eutrófico > mesotrófico > distrófico > ácrico (Figura 10).

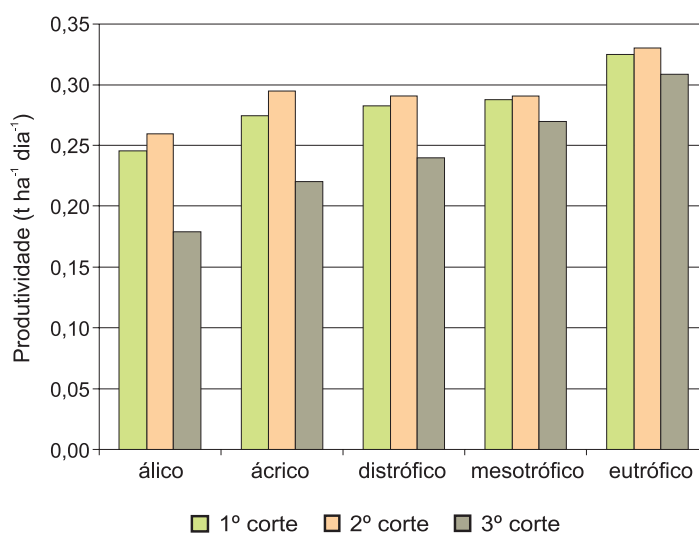
## PROFUNDIDADE

A profundidade abaixo da camada arável é muito variável, pois os solos podem ser profundos, pouco profundos, moderadamente profundos, rasos ou até muito rasos. Um aspecto impor-

**Tabela 1.** Critérios químicos-pedológicos da camada superficial de solos<sup>1</sup>.

Solo	V	SB	m	Al <sup>3+</sup>	RC
Eutrófico	≥ 50	≥ 1,5			
Mesotrófico	30-50	≥ 1,2			
Mesotrófico	> 50	< 1,5			
Distrófico	< 30		< 50		> 1,5
Ácrico					≤ 1,5
Mesoálico			15-50	≥ 0,4	
Álico			> 50	0,3-4,0	
Alumínico			≥ 50	> 4,0	

<sup>1</sup> V = saturação por bases (%); SB = soma de bases (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de solo); m = saturação por alumínio (%); RC = retenção de cátions (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> de argila).



**Figura 10.** Produtividade da cana-de-açúcar ao longo dos cortes (LANDELL et al., 2003).

tante é conhecer o tipo de horizonte diagnóstico de subsuperfície que ocorre nessa referida profundidade para classificar o solo, que pode ser: B latossólico dos Latossolos (anteriormente Latossolos), B textural dos Argissolos (anteriormente Solos Podzólicos Tb), B nítico dos Nitossolos (anteriormente Terras Roxas Estruturadas) ou B incipiente dos Cambissolos (anteriormente Cambissolos). Se não ocorre horizonte B diagnóstico e a textura é arenosa em todo o perfil, classificam-se como Neossolos Quartzarênicos (anteriormente Areias Quartzosas), e se logo abaixo do horizonte A ocorre a rocha, enquadram-se como Neossolos Litólicos (anteriormente Solos Litólicos).

Os solos da região Centro-Sul do Brasil, em sua grande maioria, são representados pelos Latossolos e Argissolos, seguidos pelos Neossolos Quartzarênicos, Nitossolos e Cambissolos.

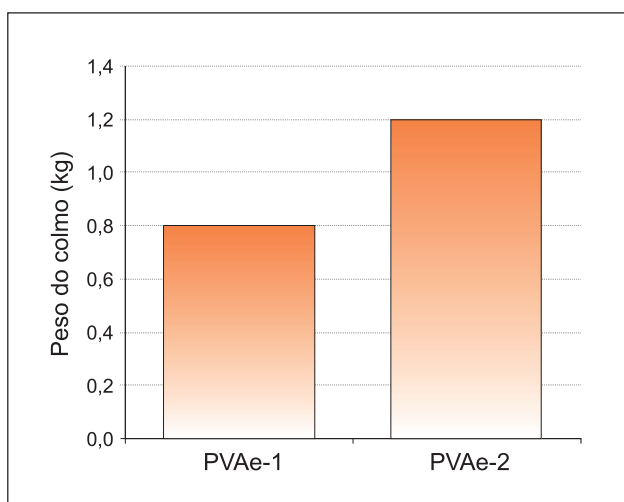
As profundidades ideais para o desenvolvimento radicular são encontradas nos solos muito profundos (Latosolos e Neossolos Quartzarênicos), profundos (a maioria dos Nitossolos) e moderadamente profundos (a maioria dos Cambissolos).

Os Neossolos Litólicos possuem pequena profundidade efetiva, o que dificulta o enraizamento em profundidade e reduz o volume de água para a cana-de-açúcar.

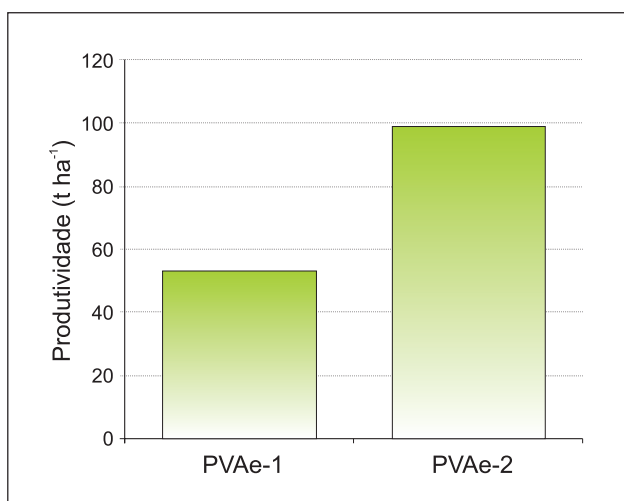
Nos Cambissolos de mesma textura, a disponibilidade hídrica aumenta dos mais rasos para os moderadamente profundos.

É importante considerar que a quebra de capilaridade entre os horizontes A e B, exclusiva dos Argissolos, contribui para aumentar o tempo em que a água permanece no perfil. Entretanto, é preciso saber em qual profundidade ocorre a mudança textural responsável pela quebra de capilaridade, pois quanto mais longe da superfície, maior é a dificuldade de utilização da água pelas raízes.

Quando a erosão remove totalmente o horizonte A do perfil, além da diminuição do teor de matéria orgânica na superfície, elimina-se a quebra de capilaridade e o solo logo se resseca. Na usina Bonfim de Guariba (SP), por exemplo, estimou-se uma produtividade de apenas 50 t ha<sup>-1</sup> no Argissolo com a total remoção do horizonte A pela erosão (PVAe-1), quando comparada com a produtividade de 90 t ha<sup>-1</sup> no Argissolo com o horizonte A preservado (PVAe-2), ambos num mesmo talhão. A Figura 11 e a Figura 12 apresentam as diferenças encontradas no peso de colmos e na produtividade nessas duas condições.

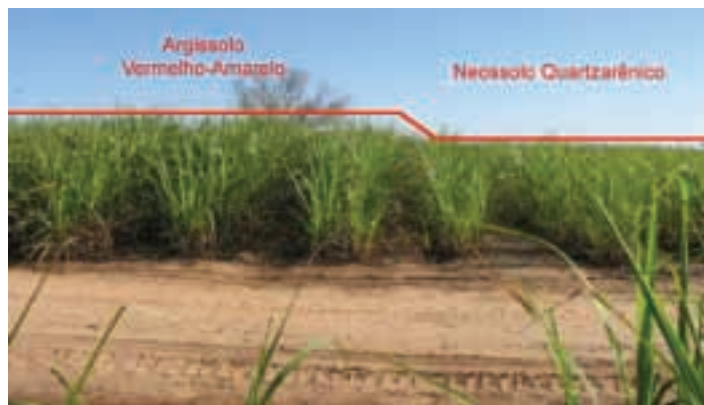


**Figura 11.** Peso de colmos de cana-de-açúcar no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico com horizonte A totalmente erodido (PVAe-1) e no Argissolo Vermelho-Amarelo com horizonte A preservado (PVAe-2).



**Figura 12.** Produtividade de cana-de-açúcar no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico com horizonte A totalmente erodido (PVAe-1) e no Argissolo Vermelho-Amarelo com horizonte A preservado (PVAe-2).

Outro exemplo interessante sobre a importância da quebra de capilaridade entre os horizontes A e B textural e sua influência decisiva na produtividade é mostrado na Figura 13, que destaca, no mesmo talhão, a ocorrência de Argissolos (Solos Podzólicos Tb) e Neossolos Quartzarênicos (Areias Quartzosas). A principal diferença pedológica entre ambos os solos é a presença do horizonte B textural abaixo do horizonte A arenoso no Argissolo e a ausência do B textural no Neossolo Quartzarênico.



**Figura 13.** Desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar no Argissolo Vermelho-Amarelo e no Neossolo Quartzarênico.

Além da presença do horizonte B textural, outro aspecto morfológico importante associado à disponibilidade hídrica refere-se à presença de plintita em profundidade. Pode-se observar na Figura 14 que no mesmo talhão houve adequado desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar onde existe a presença de plintita abaixo da camada arável (Figura 14a), comparado ao pouco desenvolvimento vegetativo na ausência de plintita em profundidade (Figura 14b), o que facilitou a rápida infiltração da água em profundidade, ressecando o solo e comprometendo a brotação da cana-de-açúcar.



**Figura 14.** (a) Desenvolvimento vegetativo da cana-de-açúcar no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plíntico e (b) no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico.



A Figura 15 mostra o perfil representativo do Argissolo Vermelho-Amarelo plíntico e o detalhe da profundidade onde existe a plintita. A água estagnada no Argissolo com plintita (Figura 16) não foi observada no Argissolo sem plintita, em subsuperfície (Figura 17).



**Figura 15.** Perfil representativo do Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico plíntico.



**Figura 16.** Água estagnada e adequado desenvolvimento da cana-de-açúcar após o período de molhamento no Argissolo Vermelho-Amarelo com plintita abaixo da camada arável.

## AMBIENTES DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Os critérios dos ambientes de produção de cana-de-açúcar que constam no Quadro 1 incluem os aspectos físico-hídricos, químicos e morfológicos dos solos (PRADO et al., 1998, 2003; PRADO, 2004, 2005).

Os dados de produtividade do referido Quadro foram obtidos com base nas observações pedológicas de centenas de ensaios estaduais e regionais do Programa Cana do Instituto Agrônomo de Campinas e nas observações de produtividades nas usinas conveniadas com esse Programa. As produtividades apresentadas neste Quadro referem-se à média de 5 cortes ( $TCH_5$ ), sem influência da aplicação de vinhaça.



**Figura 17.** Solo ressecado e inadequado desenvolvimento da cana-de-açúcar após o molhamento no Argissolo sem plintita abaixo da camada arável.

Conforme destacado na Figura 1, a água ocupa a posição de maior destaque num ambiente de produção pois, quando limitante, reduz significativamente a produtividade da cana-de-açúcar até mesmo em solos mais férteis (eutróficos) e, quando adequada, desloca o ambiente de produção favoravelmente até mesmo nos solos com menor potencial químico em subsuperfície (distróficos, átricos, mesoálicos e álicos).

Um outro aspecto muito importante refere-se à precisão dos mapas de solos e, conseqüentemente, dos mapas dos ambientes de produção.

A prática mostra que uma observação de campo a cada 10 a 25 ha permite um adequado padrão de qualidade. É muito comum ocorrerem dois ou mais tipos de solos numa mesma gleba dificultando a correlação de produtividade com os solos, se não for obedecida a referida recomendação de amostragem pedológica.

## REFERÊNCIAS

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412 p.

LANDELL, M.G. A.; PRADO, H.; VASCONCELOS, A. C. M.; PERECIN, D.; ROSSETTO, R.; BIDÓIA, M. A. P.; XAVIER, M. A. Oxisol subsurface chemical attributes related sugarcane productivity. *Scientia Agricola*, v. 60, p. 741-745, 2003.

PRADO, H.; van LIER, Q. J.; LANDELL, M. G. A.; VASCONCELOS, A. C. M. Classes de disponibilidade de água para a cana-de-açúcar nos principais solos da região Centro-Sul do Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. *Anais...* 1 CD ROM.

PRADO, H. Classes das condições químicas subsuperficiais para manejo. In: FERTIBIO, 2004, Lages. *Anais...* 1CD-ROM.

PRADO, H. **Solos do Brasil** – gênese, morfologia, classificação, levantamento e manejo. Piracicaba, 2005. 281 p.

PRADO H.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R.; CAMPANA, M. P.; ZIMBACK, L.; SILVA, M. A. Relation between chemical subsurface conditions of subsoils and sugarcane yield. In: WORLD SOIL SCIENCE CONGRESS, 16., 1998, Montpellier. *Proceedings...* Montpellier: ISSS, 1998, v. 1, p. 232. 1 CD-ROM.

**Quadro 1.** Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil.

<b>AMBIENTES DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL</b> 2ª Aproximação			
Ambientes	Produtividades TCH <sub>s</sub>	Atributos dos solos	Símbolos dos solos EMBRAPA (1999), PRADO (2004)
A1	> 100	{ ADA, e, ef, m, CTC média/alta	PVAe <sup>(2)</sup> , PVe <sup>(2)</sup> , LVef, LVe, LV Ae, CXe, NVef, NVe, MT*, MX* GMe, GXe, GMm, GXm
A2	96 - 100	{ ADM, e, ef, CTC média/alta	PVAe <sup>(2)</sup> , PVe <sup>(2)</sup> , PAe <sup>(2)</sup> , LVef, LVe, LV Ae, CXe, NVef, NVe
B1	92 - 96	{ ADA, m, mf, CTC média/alta ADM, mf, m, ma, CTC média/alta ADB, ef, e, CTC média/alta	PVAm <sup>(2)</sup> , PVm <sup>(2)</sup> , PAm <sup>(2)</sup> , LVmf, LVm, LVAm, LAm, CXm, NVmf, NVm, PVAm* LVef, LVe, LV Ae, LAe, NVef, NVe, PVAe <sup>(3)</sup> , PVe <sup>(3)</sup> , PAe <sup>(3)</sup> , CXe
B2	88 - 92	{ ADM, m, mf, CTC média/baixa ADA, ma, CTC média/alta	PVAm <sup>(2)</sup> , PVm <sup>(2)</sup> , PAm <sup>(2)</sup> , LVmf, LVm, LVAm, LAm, CXm GMma, GXma
C1	84 - 88	{ ADM, d, CTC média/alta ADM, ma, CTC média/alta ADB, d, df, CTC média/alta	PVAd <sup>(2)</sup> , PVd <sup>(2)</sup> , PAd <sup>(2)</sup> LVAm*, LAm* LVd, LVdf, LVAd, LAd
C2	80 - 84	{ ADB, e, CTC média/baixa ADMB, ef, CTC média/alta	LVe, LV Ae, LAe LVef
D1	76 - 80	{ ADB, w, wf, CTC média/alta ADM, a, CTC média/alta	LVwf, LVw, LV Aw, LAw PVAa <sup>(2)*</sup> , PVA <sup>(2)*</sup> , PAa <sup>(2)*</sup>
D2	72 - 76	{ ADB, ma, CTC média/alta ADB, e, CTC alta, A chernozêmico	LVma, LV Ama, LAm RLe
E1	68 - 72	{ ADB, a, CTC média/baixa ADMB, ma, CTC média/baixa	PVAa <sup>(3)</sup> , PVA <sup>(3)</sup> , PAa <sup>(3)</sup> PVAm <sup>(4)</sup> , PVma <sup>(4)</sup> , PAm <sup>(4)</sup>
E2	< 68	{ ADMB, wf, w, a, CTC média/alta ADMB, a, d, CTC média/baixa ADMB, e, m, d, ma, a	LVwf, LVw, LV Aw, LAw, LVa, LV Aa, LAa PVAa <sup>(4)</sup> , PVA <sup>(4)</sup> , PVAa <sup>(4)</sup> , PAa <sup>(4)</sup> , RQa, RQd RLe, RLm, RLd, RLma, RLa, PVAe <sup>(4)</sup>

**ADA:** água disponível alta, **ADM:** água disponível média, **ADB:** água disponível baixa, **ADMB:** água disponível muito baixa.  
**LV:** Latossolo Vermelho, **LVA:** Latossolo Vermelho-Amarelo, **LA:** Latossolo Amarelo, **PVA:** Argissolo Vermelho-Amarelo, **PV:** Argissolo Vermelho, **PA:** Argissolo Amarelo, **NV:** Nitossolo Vermelho, **MT:** Chernossolo Argilúvico, **MX:** Chernossolo Háplico, **CX:** Cambissolo Háplico, **RQ:** Neossolo Quartzarênico, **RL:** Neossolo Litólico, **GX:** Gleissolo Háplico, **GM:** Gleissolo Melânico.  
**ef:** eutroférrico, **e:** eutrófico, **mf:** mesotroférrico, **m:** mesotrófico, **df:** distroférrico, **d:** distrófico, **wf:** acriférrico, **w:** ácrico, **ma:** mesoálico, **a:** álico.  
<sup>(1)</sup> horizonte B ocorrendo na profundidade de até 20 cm iniciais desde a superfície; <sup>(2)</sup> horizonte B ocorrendo na profundidade de 20 a 60 cm desde a superfície; <sup>(3)</sup> horizonte B ocorrendo na profundidade de 60-100 cm desde a superfície; <sup>(4)</sup> horizonte B ocorrendo na profundidade maior que 100 cm desde a superfície; <sup>(\*)</sup> mosqueamento ou variegado no horizonte B.