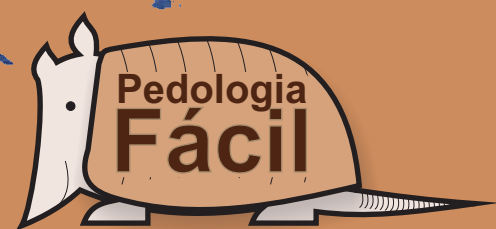


Estudantes e profissionais de agronomia, engenharia ambiental ou florestal, zootecnia, biologia, geologia, geomorfologia e ecologia podem conhecer de uma forma simples os critérios de classificação dos solos do Brasil, correlacionados com a classificação dos Estados Unidos e da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO.

As potencialidades e limitações desses solos são destacadas com base nos aspectos químicos, morfológicos e disponibilidade hídrica.

Para a cultura da cana-de-açúcar, o livro apresenta os ambientes e produção dinâmicos (APD).

Também, apresentamos um exemplo prático de avaliação com dados hipotéticos de uma propriedade rural a ser avaliada e de treze propriedades vistoriadas.

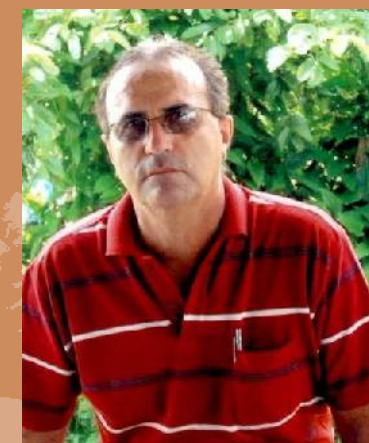


visite o site

www.pedologiafacil.com.br

Pedologia Fácil

Aplicações em solos tropicais



Hélio do Prado

Engenheiro agrônomo pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz em Piracicaba, 1977.

Mestrado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz em Piracicaba, 1981.

Doutorado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz em Piracicaba, 1993.

Hélio do Prado

Pedologia Fácil - Aplicações em solos tropicais

Hélio do Prado

4ª edição
Piracicaba
2013

Hélio do Prado

Pedologia Fácil

Aplicações em solos tropicais

4ª edição

Piracicaba

2013



Autor

Hélio do Prado

Capa e projeto gráfico

João Paulo de Carvalho

©2013, Hélio do Prado - Todos os direitos reservados e protegidos pela lei nº 9610.

Não é permitida a reprodução total ou parcial deste livro sem autorização expressa do autor.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Prado, Hélio do

Pedologia fácil: aplicações em solos tropicais / Hélio do Prado. -- 4. ed. -- Piracicaba:

H. do Prado, 2013.
284 p. : il.

Bibliografia.

ISBN: 978-85-901330-2-5

1. Agricultura 2. Pedologia 3. Solos tropicais I. Título

CDD 631.4

P896p4

Apoio


syngenta

Apoio



PROJETO
CANA
PEDE ÁGUA

Para minha esposa Cleide e filhos Thiago,
Thais e Hélio por entenderem o impacto da
significativa diminuição do tempo da família
para o livro.

Hélio do Prado

Sumário

1. Introdução	13
2. Geologia e relevo.....	13
3. Clima.....	14
3.1 Tipos climáticos	14
3.2 Balanços hídricos climatológicos	19
3.2.1 Região Norte do Brasil.....	19
3.2.2 Região Centro-Sul do Brasil	23
3.2.3 Região Nordeste do Brasil	32
3.2.4 Regiões da América do Norte e Central	38
3.2.5 Regiões da África, Ásia e Oceania.....	44
4. Vegetação natural.....	50
5. Física dos solos	50
6. Mineralogia das argilas.....	52
7. Capacidade de troca de cátions (CTC)	55
8. Perfil de solo (SiBCS, 2006).....	62
8.1 Características morfológicas	64
8.1.1 Cor.....	64
8.1.2 Textura.....	64
8.1.3 Estrutura.....	68
8.1.4 Consistência	69
8.1.5 Cerosidade	70
8.1.6 Profundidade.....	71
8.2 Horizontes diagnósticos de superfície	71
8.3 Horizontes diagnósticos de subsuperfície.....	73
8.4 Profundidade do horizonte B	76
8.5. Outros horizontes diagnósticos de subsuperfície	78
8.5.1 Atributos físicos (SiBCS, 2006).....	79
8.5.2 Atributos químicos (SiBCS, 2006)	82
8.5.3 Atributos complementares (SiBCS, 2006).....	85
9. Solos do Brasil	86
10. Classificação de solos do Brasil, dos Estados Unidos e Internacional.....	88
11. Solos nas nomenclaturas da SiBCS (2006) e de CAMARGO et al (1987).....	90
12. Solo-paisagem	94
13. Solos tropicais.....	98
14. Levantamento de solos.....	99
14.1 Unidades taxonômica e de mapeamento, inclusões e grupos indiferenciados	99
14.2 Atalho pedológico	100
14.3 Legenda prática de solos para ambientes de produção das plantas.....	103
14.3.1 Latossolo Amarelo (LA)	107
14.3.2 Latossolo Vermelho (LV).....	107
14.3.3 Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA).....	109
14.3.4 Argissolo Amarelo (PA).....	110
14.3.5 Argissolo Vermelho (PV).....	111
14.3.6 Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA).....	111
14.3.7 Nitossolo Vermelho (NV).....	112

14.3.8 Nitossolo Háplico (NX).....	113
14.3.9 Cambissolos Háplicos (CX).....	114
14.3.10 Neossolo Quartzarênico (RQ).....	115
14.3.11 Neossolo Litólico (RL).....	115
14.3.12 Plintossolo Pétrico (FF).....	116
14.3.13 Plintossolo Argilúvico (FT).....	117
14.3.14 Plintossolo Háplico (FX).....	118
14.3.15 Gleissolo Melânico (GM).....	125
14.3.16 Gleissolo Háplico (GX).....	126
14.4 Tipos de levantamento de solos, objetivos e densidade de amostragem ...	126
14.5 Método de trabalho de escritório	128
14.6. Método de trabalho de campo.....	128
14.6.1 Amostragem de solo com a finalidade pedológica.....	129
14.6.2 Amostragem de solo com a finalidade de fertilidade de solo	130
15. Água no solo	133
15.1 Profundidade da água no perfil de solo.....	144
15.2 Drenagem interna do solo.....	149
16. Solos do Brasil	150
16.1. Latossolos (SiBCS, 2006)	150
16.1.1 Características morfológicas.....	150
16.1.2 Características granulométricas	150
16.1.3 Gradiente textural do perfil.....	151
16.1.4 Características químicas	152
16.1.5 Interpretação química dos perfis	154
16.1.6 Manejo	155
16.2 Argissolos (SiBCS, 2006).....	167
16.2.1 Características morfológicas.....	167
16.2.2 Características granulométricas	167
16.2.3 Gradiente textural do perfil.....	169
16.2.4 Características químicas	169
16.2.5 Interpretações químicas dos perfis	171
16.2.5 Manejo	171
16.3 Nitossolos (SiBCS, 2006)	175
16.3.1 Características morfológicas.....	175
16.3.2 Características granulométricas dos Nitossolos (SiBCS, 2006)	175
16.3.3 Gradiente textural do perfil.....	176
16.3.4 Características químicas dos Nitossolos	176
16.3.5 Interpretação química do perfil de solo	176
16.3.6 Manejo	177
16.4 Cambissolos (SiBCS, 2006)	177
16.4.1 Características morfológicas	177
16.4.2 Gradiente textural do perfil.....	180
16.4.3 Características químicas	180
16.4.4 Interpretação química do perfil.....	181
16.4.5 Manejo	181
16.5. Chernossolos (SiBCS, 2006).....	182
16.5.1 Características morfológicas.....	182

16.5.2	Características granulométricas	182
16.5.3	Gradiente textural do perfil.....	183
16.5.4	Características químicas	183
16.5.5	Interpretação química do perfil.....	184
16.5.6	Manejo	184
16.6.	Neossolos (SiBCS, 2006).....	184
16.6.1	Características morfológicas.....	184
16.6.2	Características granulométricas	185
16.6.3	Características químicas	186
16.6.4	Interpretação química dos perfis	188
16.6.5	Manejo	188
16.7.	Vertissolos (SiBCS, 2006).....	189
16.7.1	Características morfológicas.....	189
16.7.2	Características granulométricas	189
16.7.3	Interpretação granulométrica do perfil.....	190
16.7.4	Características químicas	190
16.7.5	Interpretação química do perfil.....	191
16.7.6	Manejo	191
16.8.	Plintossolos (SiBCS, 2006)	193
16.8.1	Características morfológicas.....	193
16.8.2	Características granulométricas	193
16.8.3	Características químicas	194
16.8.4	Interpretação química do perfil.....	195
16.8.5	Manejo	195
16.9.	Planossolos (SiBCS, 2006)	195
16.9.1	Características morfológicas.....	196
16.9.2	Características granulométricas	196
16.9.3	Gradiente textural	196
16.9.4	Características químicas	197
16.9.5	Interpretação química do perfil.....	197
16.9.6	Manejo	197
16.10.	Luvisolos (SiBCS, 2006).....	198
16.10.1	Características morfológicas.....	198
16.10.2	Características granulométricas	199
16.10.3	Gradiente textural	199
16.10.4	Características químicas	199
16.10.5	Interpretação química do perfil.....	200
16.10.6	Manejo	200
16.11.	Espodossolos (SiBCS, 2006)	201
16.11.1	Características morfológicas.....	201
16.11.2	Características granulométricas	201
16.11.3	Características químicas	201
16.11.4	Interpretações químicas do perfil	202
16.12.	Gleissolos (SiBCS, 2006)	203
16.12.1	Características morfológicas.....	203
16.12.2	Características granulométricas	203
16.12.3	Características químicas	204

16.12.4	Interpretação química do perfil.....	205
16.12.5	Manejo	205
16.13.	Organossolos (SiBCS, 2006)	205
16.13.1	Características morfológicas	205
16.13.2	Características granulométricas	205
16.13.3	Características químicas	205
16.13.4	Interpretação química do perfil.....	206
16.13.5	Manejo	206
16.14.	Andisols.....	207
16.14.1	Características morfológicas	207
16.14.2	Características granulométricas	207
16.14.3	Características químicas	207
16.14.5	Manejo	208
17.	Ambientes de produção das plantas	208
17.1	Ambientes de produção da cana-de-açúcar	208
17.1.1	Manejo básico	208
17.1.1.1	Época de plantio da cana-de-açúcar	208
17.1.1.2	Época de colheita	213
17.1.3	Clima típico da região.....	214
17.1.4	Nota média dos ambientes de produção de cana-de-açúcar.....	221
18.	Influência do manejo nos ambientes de produção de cana-de-açúcar.....	222
18.1	Irrigação	222
18.2	Vinhaça	227
18.3	Torta de filtro	228
18.4	Adubação verde	228
18.5	Cana orgânica	229
19.	Grupos de manejo	229
19.1	Preparo do solo.....	229
19.2	Conservação de solos	229
19.3	Gessagem.....	231
19.4	Adubação fosfatada	231
19.5	Parcelamento de Potássio.....	233
19.6	Alocação de plantas quanto a química do solo.....	233
19.7	Alocação de plantas quanto a disponibilidade de água	234
19.8	Dosagens de herbicidas	234
20.	Capacidade de uso das terras.....	236
20.1	Capacidade de uso para a avaliação de imóveis rurais	246
20.2	Exemplo de avaliação do valor da terra nua de uma propriedade rural.....	251
21.	Glossário.....	268
	Referências bibliográficas.....	278

1. Introdução

Em 1877, Dokouchaiev notou nas paisagens da Rússia que os solos apresentavam grandes variações nas camadas superficiais e subsuperficiais; ou seja desde a superfície onde se concentra o maior volume do sistema radicular das plantas até a rocha, descobrindo a Pedologia (Pedon=terra).

Essa ciência básica deve ser aplicada antes de todas decisões no planejamento de uso das terras, mais de uma forma racional, com controle da erosão e sem danos à fauna e a flora.

Geograficamente, a área tropical é a parte do globo terrestre situada entre as coordenadas 23° 30" norte e sul em relação a linha do Equador, incluindo 72 países e territórios com uma área total de quase 5 bilhões de hectares, com 750 milhões de hectares localizados no Brasil, SANCHEZ (1976).

Duas são as maneiras de incrementar a produtividade: aumentando a área geográfica ou verticalizando a produtividade na mesma área, o que certamente será necessário para alimentar a atual população mundial de 7 bilhões, que na estimativa da FAO aumentará para 9,3 bilhões em 2050. Nesse contexto, a utilização do solo deve ser de uma forma sustentável.

Este livro que objetiva aplicar os conhecimentos pedológicos para o manejo dos solos tropicais, tem o Brasil como um dos principais responsáveis pela futura produção mundial de alimentos.

2. Geologia e relevo

Os solos dos trópicos originaram-se de uma gama muito variada de rochas como arenito, folhelho, siltito, argilito, calcário, basalto, diabásio, granito, granodiorito, gnaiss, xisto, ardósia, quartzito, e das cinzas vulcânicas na Cordilheira dos Andes.

As paisagens tropicais mostram todo tipo de relevo, desde plano, suavemente ondulado, ondulado, forte ondulado e até escarpado. Segundo SANCHEZ (1976), a região tropical apresenta 77% de terras baixas, com altitude menor que 900 m, 20% de terras altas com altitude de 900-1800 m e apenas 3% de terras muito altas com altitude superior a 1800 m.

3. Clima

Pela ação da água e temperatura no processo de intemperismo é muito comum encontrar solos tropicais muito profundos e com mineralogia oxidica, ao contrário dos solos de clima temperado.

Nos países tropicais a temperatura é muito mais elevada e o comprimento do dia muito maior do que nos países de clima temperado, variando em função da latitude (quadro 1). Conseqüentemente, a fotossíntese é muito mais eficiente, pois as diferenças de comprimento do dia influem no fotoperíodo, refletindo no modelo de crescimento das plantas, SCARPARI (2007).

Quadro 1. Valores mínimos e máximos do comprimento do dia de acordo com a latitude dos trópicos.

Latitude	Comprimento do dia	
	Mínimo	Máximo
00° 00'	12h 10 min.	12h 10 min.
05° 00'	11h 50 min.	12h 30 min.
10° 00'	11h 30 min.	12h 40 min.
15° 00'	11h 10 min.	13h 00 min.
23° 50'	10h 40 min.	13h 30 min.

3.1 Tipos climáticos

A classificação climática de KÖPPEN, que considera os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação pluvial, divide-se em cinco grandes grupos simbolizados por letras maiúsculas (A, B, C, D, e E), de A para E caracterizando o aspecto geral do clima na direção do Equador aos polos.

Os três grandes grupos climáticos são identificados pelas letras A, B e C, os climas úmidos referem-se aos tipos A e C, ao contrário do clima seco do tipo B.

Letras minúsculas após o grande grupo detalham as particularidades do regime de chuva para as letras A, ou C. O grupo B, seguido por letras maiúsculas, caracteriza a precipitação total anual.

A terceira letra minúscula refere-se aos subtipos, considerando a temperatura média mensal do ar dos meses mais quentes, ou a temperatura média anual do ar, aplicável para a primeira letra C, ou a temperatura média anual do ar quando a primeira letra é B.

O quadro 2 apresenta a classificação climática no primeiro nível, com mais detalhes nos quadros 3 e 4.

Quadro 2. Grupos da classificação climática de KÖPPEN.

Grupo	Clima	Temperatura e chuva
A	Úmido e quente	Temperatura média do mês mais frio > 18° C.
B	Seco	Mês mais quente até 40 °C.
C	Temperado	Temperatura média do mês mais frio -3° a 18° C.
D	Boreal	-
E	Polar	-

Quadro 3. Combinações literais para os grupos A, B e C.

Clima	Descrição
Af	Chuva abundante bem distribuída durante o ano.
Aw	Chuva máxima no verão, inverno seco.
Aw'	Chuva periódica com inverno seco, chuva máxima no outono.
Am	Pequena estação seca.
As	Maior incidência de chuva no outono e inverno.
BS	Clima semiárido.
BW	Clima árido ou de deserto.
Bh'	Temperatura média anual e média do mês mais frio >18° C.
Bh	Clima seco tropical, temperatura média anual >18° C e média do mês mais frio < 18° C.
Ca	Temperatura média anual e média do mês mais frio >22° C.
Cb	Temperatura média anual e média do mês mais frio < 22° C.

Quadro 4. Combinações literais para BS e BW.

Clima	Descrição
BSh	Chuva anual média entre 380 e 760 mm.
BSs	Chuvas entre 380 e 760 mm escassas no inverno, verão sem chuva.
BSx'	Chuvas entre 380 e 760 mm irregulares durante o ano.
BSw	Chuva entre 380 e 760 mm no verão, inverno seco.
BWs	Chuva anual média menor que 250 mm, no inverno.
BWx'	Chuva que 250 mm, irregular durante o ano.
BWw	Chuva que 250 mm, escassa no verão.

Dos sistemas de classificação de solos (Brasil, Estados Unidos e Internacional), apenas o sistema americano considera os regimes de temperatura (quadro 5) e hídrico (quadro 6). No quadro 6 são também apresentadas correlações entre os regimes hídricos dos solos com o tipo de vegetação natural e a classificação climática de KÖPPEN.

Quadro 5. Regimes térmicos dos solos da classificação americana.

Regime térmico	Média da temperatura anual (°C)
Isohipertermico	> 22
Isotérmico	15-22
Isomésico	8-15
Isofrígido	< 8

Quadro 6. Regimes hídricos dos solos da classificação americana e correlações.

Regime hídrico do solo	Chuva	Temperatura	Vegetação original	Sistema KÖPPEN	Regiões
Údico: Nenhuma parte da seção de controle do solo seca por 90 ou mais dias cumulativamente durante o ano, na maioria dos anos. CURTI et al (1993).	Chuva bem distribuída ao longo dos meses do ano, pequena estação seca.	Temperaturas médias superiores a 18° C, mês mais frio com temperatura maior que 18° C. (ANDRADE, 1968).	Floresta tropical perenifólia	Af, Am	África; Malásia; Indonésia; Austrália; Amazônia (Peru); América Central; Amazonas, Pará, Acre, Rondônia, áreas que coincidem com a floresta Amazônica ao norte do Mato Grosso e Tocantins (Brasil), (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).
Arídico: sem umidade por 90 dias consecutivos na seção de controle quando a temperatura do solo é maior que 8° C a 50 cm de profundidade.	Clima Seco e Desértico		Caatinga	BSw'h', BW'h	Peru, nordeste do Brasil.
Ústico: Intermediário entre údico e arídico	1000 a 2000 mm (ANDRADE, 1968)		Savana, campo cerrado, florestas decíduas e semidecídua.	Cwa	África, Região Centro-Sul (Brasil).
Ústico: Intermediário entre údico e arídico	1000 a 2000 mm (Andrade, 1968)	Temperaturas médias 18 a 22° C. (Andrade, 1968).	Savana, floresta semidecídua.	Cwb	Região serrana de São Paulo e Rio de Janeiro (Brasil). (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Quadro 6 (continuação). Regimes hídricos dos solos da classificação americana e correlações.

Regime hídrico do solo	Chuva	Temperatura	Vegetação original	Sistema KÖPPEN	Regiões
Ústico: Intermediário entre údico e arídico	Irregulares com média anual menor que 800 mm anuais, 7 a 11 meses secos/ano. (MENDONÇA & DANNI OLIVEIRA, 2007).	Temperaturas médias próximas de 25° C.	Caatinga	BSh	África, Austrália, Sertão da região nordeste, incluindo o litoral do Rio Grande do Norte e Vale do Rio São Francisco (Brasil).
Xérico: toda seção de controle seca por 45 ou mais dias consecutivamente, nos 4 meses do solstício de verão em pelo menos 6 anos.	Clima Mediterrâneo.	Verão quente e seco, inverno frio e úmido.			
Áquico: Solo saturado por água todo ano ou na maior parte do ano			Taboa, Buriti		Todas as regiões tropicais

Na América tropical, aproximadamente 70% da área apresenta solos com baixa fertilidade natural e com regimes hídricos údico, ústico e áquico (predomina údico), 27% da área com solos com alta fertilidade natural e os mesmos regimes hídricos (predominando ústico), e apenas 3% da área solos com baixa fertilidade natural e regime hídrico arídico (SANCHEZ & COCHRANE, 1980).

3.2 Balanços hídricos climatológicos

Nos capítulos 3.2.1 ao 3.2.5 constam os balanços hídricos calculados pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) para monitorar a variação de armazenamento de água no perfil de solo, considerando a capacidade de armazenamento de 100 mm (ESALQ-USP). Nos trópicos nem todos os solos apresentam essa capacidade de armazenamento, pois são comuns solos com capacidade de armazenamento bem menor que 100 mm, o que significa maior deficiência hídrica do que destacada nos citados capítulos.

Os dados normais de temperatura média mensal do ar e chuva total média têm como fontes os seguintes órgãos de pesquisa: INMET, IAC, IAPAR, DAE/EE/SP e ESALQ/USP.

3.2.1 Região Norte do Brasil

A região norte inclui os Estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Pará e Tocantins (figura 1).

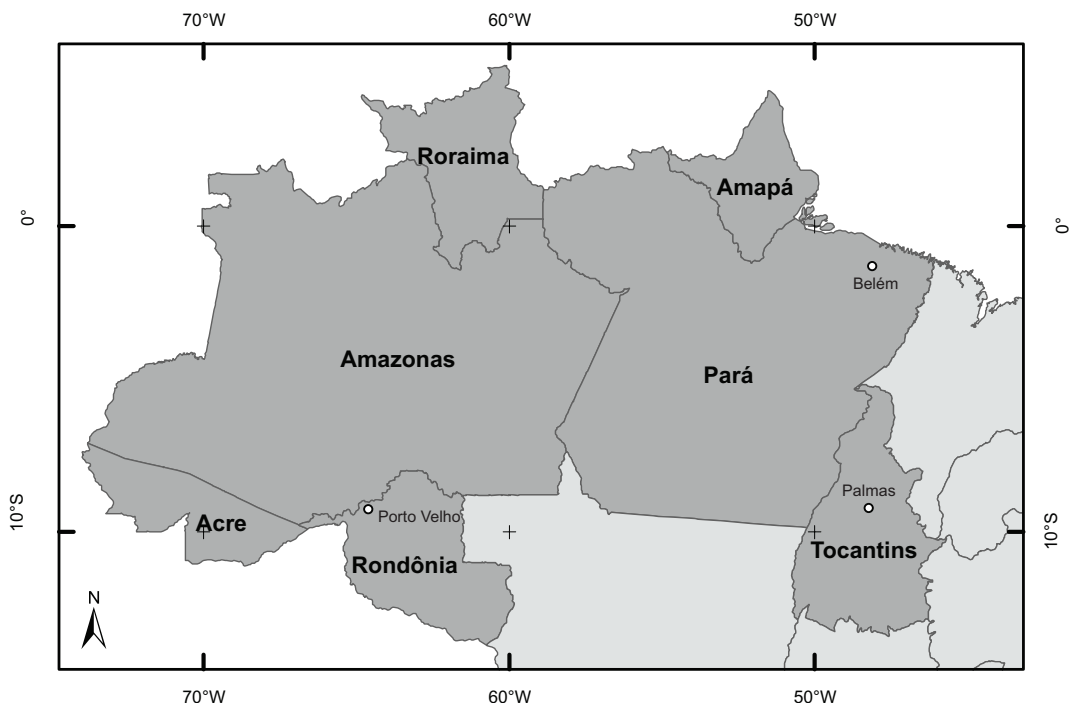


Figura 1. Região Norte do Brasil.

As figuras 2 a 9 apresentam dados climáticos de alguns locais da região norte do Brasil.

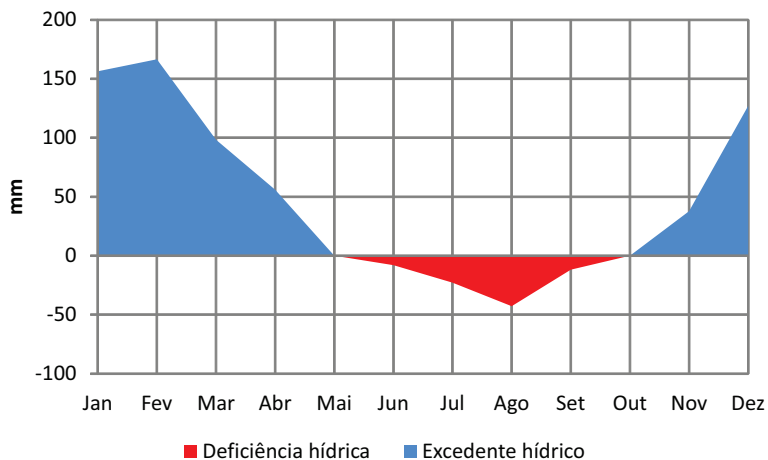


Figura 2. Balço hídrico de Rio Branco (AC). Fonte: ESALQ.

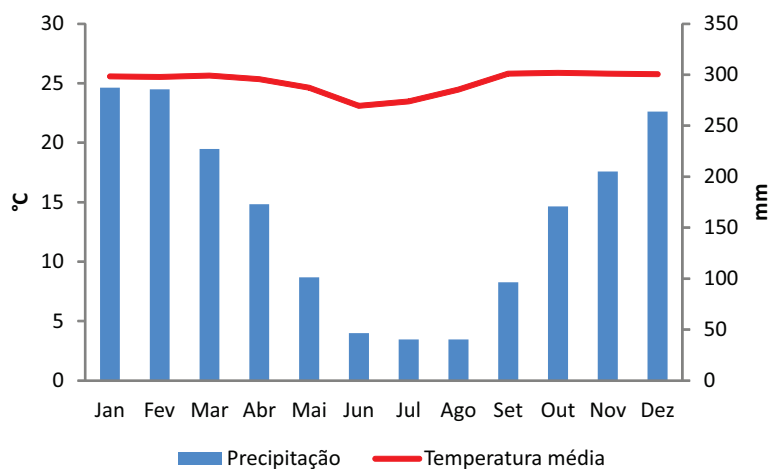


Figura 3. Temperatura e precipitação mensais de Rio Branco (AC).

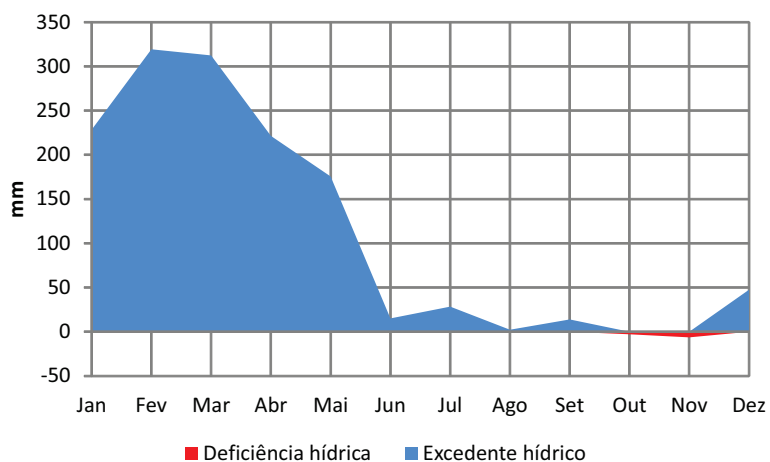


Figura 4. Balço hídrico de Belém (PA).