

MARCELO REIS NAKASHIMA

PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA NA
TOPOSSEQUÊNCIA DO RIBEIRÃO DO QUINTINHO, PARANAVAÍ-PR

MARINGÁ – PARANÁ

2009

MARCELO REIS NAKASHIMA

PROPOSTA DE CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA NA
TOPOSSEQUÊNCIA DO RIBEIRÃO DO QUINTINHO, PARANAÍ-PR

Monografia apresentada à
Universidade Estadual de Maringá,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Hélio
Silveira

MARINGÁ – PARANÁ

2009

Dedico este trabalho à minha família: aos meus pais, pelos ensinamentos que já se acumulam por toda uma vida, das primeiras palavras ao conhecimento geográfico; à Paula, minha irmã, pela amizade e apoio; e à Beatriz, minha sobrinha e, quem sabe, a terceira geração da Geografia na família...

AGRADECIMENTOS

Neste ponto, gostaria de agradecer a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram com este trabalho, que representa o fim de uma parte muito representativa de minha vida, a graduação em Geografia.

A Geografia é uma de minhas paixões, e depois de uma longa peregrinação por outros cursos, sinto que encontrei meu lugar nesta ciência que nos dota de um olhar privilegiado do planeta. Através da Geografia é possível compreender, de forma muito mais fácil, um mundo que se revela tão complexo e cheio de inter-relações.

Quero agradecer, em primeiro lugar, aos meus pais, geógrafos apaixonados, pessoas que dedicaram suas vidas a esta ciência, vivendo-a intensamente nas salas de aula e no campo. É inegável que uma vida toda junto deles teve influência decisiva no meu “gosto pela coisa”: alguns dos primeiro brinquedos tinham relação com a Geografia, às vezes quebra-cabeças de mapas, às vezes os próprios mapas. Globos, bandeira e rochas se tornaram brinquedos e objetos de coleção. Ainda preciso mencionar que meu pai foi também meu professor em três disciplinas, papel que cumpre com maestria, em sala ou em campo. Os muitos trabalhos de campo e educação são impagáveis. Minha mãe pode ser considerada também professora, pelos muitos “pitacos”, sugestões de leitura orientação em todas as formas possíveis.

Da mesma forma, gostaria de agradecer a vários professores que participaram de minha formação, mesmo antes do ingresso na Geografia. Tenho imenso prazer em ter tantos “tios” e “tias” dentro do curso. Assim, boa parte da minha infância foi compartilhada com os “tios”, hoje professores, que traziam a Geografia na forma de curiosidades, nas diversas vezes em que visitei o departamento e os laboratórios. Esse sentimento de descoberta e deslumbramento com as coisas da Terra ainda está presente e muito vivo. Nesse grupo todo de gente, gostaria de agradecer aos seguintes professores (em ordem alfabética, pra não dar confusão): César Miranda Mendes, Deise Regina Elias Queiroz, Edvard Elias de Souza Filho (e Marília, lógico!), José Cândido Stevaux, Manoel Luiz dos Santos, Maria Eugênia Moreira Costa Ferreira, Nelson Vicente Lovatto Gasparetto, Sergio Luiz Thomaz, Wilson Antônio Teixeira e Yolanda

Aoki. Todos foram fundamentais para a minha formação, e terão para sempre minha amizade e admiração.

Agradeço ainda a outros professores, que vim a conhecer mais tarde na vida, no curso ou pouco antes, mas que trouxeram grandes contribuições a esta minha ainda breve carreira na Geografia: Américo José Marques, Angela Maria Endlich, Elpídio Serra, Margarida Peres Fachini e Messias Modesto dos Passos. Todos estes deram também grandes contribuições à minha visão de Geografia, ajudando-me a expandir os horizontes.

Agradeço especialmente ao professor Hélio Silveira, professor que é pequeno no nome e no tamanho, mas sem sombra de dúvidas, um grande homem e professor. Tive a sorte de tê-lo como professor no primeiro ano, e neste primeiro contato acadêmico já mostrou ser um profissional trabalhador, dedicado e interessado, incansável na busca de cumprir seu tão importante papel social enquanto Professor, com “P” maiúsculo mesmo. É uma honra tê-lo como orientador, e eu só posso sentir que talvez o trabalho não esteja à altura do que merece. Espero que continuemos mantendo o contato profissional e a amizade. Muito obrigado.

À professora Maria Teresa de Nóbrega. Sua disciplina é simplesmente encantadora, e a modéstia com a qual ela se refer às suas aulas também. A espera pela Fisiologia da Paisagem certamente vale a pena. Para minha sorte, creio que continuaremos trilhando os caminhos da Geografia juntos por mais algum tempo. Muito obrigado pelo que já foi ensinado e pelo tanto que ainda há de vir.

Às meninas da secretaria, Miriam e Joseane, que sempre me dispensaram muita atenção, algumas horas de conversa jogada fora e outras tantas jogadas dentro.

À Ivaldete, pelo apoio no laboratório.

Aos colegas e amigos de turma, que tornaram essa passagem pelo curso tão mais interessante, agradável e divertida. Aqui, faço menção especial aos amigos Alex Konstantin Lodi Ugattis, André Mateus Barreiros, Grace Bungenstab Alves, Jessyca Souza do Nascimento e Márcio Greyck Guimarães Correa. Vocês foram

FUNDAMENTAIS para mim neste curso. Aprendemos muito juntos, e acredito que um dos aspectos fundamentais foi a experiência com os trabalhos em equipe. Foram muitas horas trabalhando juntos, conversando e discutindo Geografia...pelo que vemos nos dias de hoje, isso parece ser raro, portanto, muito precioso. Espero que todos tenhamos futuros promissores na Geografia. Isso sem falar nas muitas e muitas cervejinhas e histórias de viagem compartilhadas.

Aos mestres cervejeiros, enólogos, charuteiros e cozinheiros, enfim, todos aqueles responsáveis pelos prazeres mundanos da vida.

E ao São Paulo Futebol Clube, que desde que eu entrei nessa tal de Geografia ganhou o campeonato todo ano...pode até falhar em 2009 que já tá valendo!

Muito obrigado!

*“Existem muitas hipóteses na
Ciência que são erradas. Isso é
perfeitamente correto; elas são
a abertura para descobrir o que
é certo”*

Carl Sagan

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é apresentar uma proposta de utilização do balanço hídrico de Ranzani (1971), sobre a topossequência do ribeirão do Quintinho, em Paranavaí-PR. Este método possibilita a espacialização dos dados obtidos sobre uma topossequência, permitindo a visualização da lâmina d'água na escala mensal no decorrer de um ano seco, um ano chuvoso, além do comportamento médio ao longo da série histórica utilizada, entre os anos de 1976 e 2007. Os resultados obtidos demonstram que nos solos estudados há uma forte relação entre curtos períodos com chuvas pouco abaixo das médias históricas e situações de stress hídrico. Os solos estudados apresentam, em função de sua textura média e arenosa e a alta permeabilidade, respostas muito rápidas à quantidade de precipitação pluvial, enchendo ou esvaziando seus reservatórios completamente em curtos espaços de tempo, possivelmente melhor mensurados em menores escalas temporais. Estes solos, são portanto altamente vulneráveis à pequenas variações no regime de chuvas, e requerem, portanto, maior atenção no planejamento agrícola da região.

Palavras Chaves: Balanço hídrico, dinâmica hídrica dos solos.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
2. Revisão Bibliográfica	12
3. Material e Método	16
3.1. Material.....	16
3.1.1. <i>Localização e situação geográfica</i>	16
3.1.2. <i>Clima</i>	18
3.1.3. <i>Vegetação e Uso do Solo</i>	19
3.1.4. <i>Hidrografia</i>	19
3.1.5. <i>Geologia</i>	20
3.1.6. <i>Geomorfologia</i>	20
3.1.7. <i>Cobertura Pedológica</i>	21
3.2. Método.....	21
3.2.1. <i>Topossequência</i>	21
3.2.2. <i>Os dados climáticos e o balanço hídrico</i>	22
3.2.3. <i>Softwares utilizados</i>	24
4. Análise e Discussão dos Resultados	25
4.1. Dados dos levantamentos pedológicos	25
4.2. Dados dos levantamentos climatológicos.....	26
5. Considerações Finais	51
Referências bibliográficas	53

1. Introdução

Nos tempos atuais, as discussões acerca da capacidade de produção de alimentos vêm ganhando espaço na mídia e nas discussões acadêmicas. No Brasil, em especial, tal discussão passa pela adequação da distribuição espacial dos diferentes tipos de culturas e das fronteiras agropecuárias, bem como os impactos dessas atividades sobre o ambiente.

Visto a necessidade de atender a uma demanda crescente ao mesmo tempo em que há uma pressão cada vez maior pelo uso racional dos recursos naturais, se faz necessários os estudos relacionados com a conservação dos solos, bem como a adequação de cada classe de solos a tipos de manejo que sejam mais eficientes para as suas características específicas.

Diferentes tipos de solos se comportam de maneira distinta em relação à água contida em seus poros. Pode-se entender os solos, neste sentido, como reservatórios que tem a capacidade de armazenar uma quantidade específica de água, e também de perder esta água a uma velocidade que vai depender, principalmente, de seus atributos físicos, principalmente densidade, textura e estrutura.

Além do comportamento dos solos em função da quantidade de água e da velocidade de armazenamento e perda de água, é necessária uma boa compreensão da distribuição temporal das chuvas, bem como dos índices de evapotranspiração potencial, esta última regida pelos fatores latitude (incidência de raios solares) e temperatura. Dessa forma, o estudo do balanço hídrico tem se mostrado uma ferramenta adequada para os estudos de água disponível no solo.

Um dos métodos de balanço hídrico mais largamente utilizado é o de Thornthwaite e Mather (1955). Este método, muito difundido, apresenta dados consistentes e permite um bom entendimento das entradas e saídas de água no sistema solo, porém, considera a cobertura pedológica como uma massa homogênea, utilizando um valor médio de capacidade de campo para todo o pacote de solo.

Visando suprir esta dificuldade, o método proposto por Ranzani (1971) considera diferentes valores de retenção de água para os diferentes horizontes, permitindo, portanto, a visualização da camada de água no solo.

Este trabalho tem, como principal objetivo, a aplicação da metodologia proposta por Ranzani (1971) sobre uma topossequência. Os estudos aplicados que se utilizam desta metodologia, de maneira geral, apresentam os resultados na forma de tabelas e gráficos, e somente recentemente estes dados foram aplicados sobre mapas, de forma espacializada. Neste sentido, os trabalhos de Braido (2006) e Zandonadi (2006) são pioneiros, ao aplicar os dados do balanço hídrico de forma areal, considerando a distribuição dos solos em diferentes bacias hidrográficas.

A proposta deste trabalho, é aplicar a mesma metodologia, espacializando os dados no perfil da topossequência do Ribeirão do Quintinho, localizada no município de Paranaíba-PR, proposta também inédita. Para tanto, utilizou-se os dados deste topossequência, levantada por Nakashima (1999), bem como os dados climáticos da Estação Climatológica de Paranaíba-PR.

Os resultados obtidos indicam a importância de estudos desse tipo para uma melhor compreensão do comportamento dos solos sob um dado regime de chuvas, fornecendo subsídios para planejamento agrícola da região.

2. Revisão Bibliográfica

Este trabalho não tem a pretensão de realizar um estudo em nível de Geossistema, porém, alguns conceitos são importantes para a compreensão do papel dos solos. Bolós (1992) divide o Geossistema em três subsistemas principais: o subsistema biótico, que compreende a vegetação, a fauna e o homem; o subsistema abiótico, que compreende a litosfera, a hidrosfera e a atmosfera; e por fim, o subsistema socioeconômico, aquele no qual se dão as relações antrópicas. A autora, porém, insere dois sistemas de interface, sendo estes o solo, tratado como uma interface entre os sistemas biótico e abiótico; e o sistema agrário, interface entre os subsistemas biótico e socioeconômico ou ainda entre os subsistemas abiótico e socioeconômico.

A partir deste entendimento, fica claro que os solos devem ser encarados como um elemento natural que se relaciona com a atmosfera, a litosfera, a biosfera e sofre impactos da “antroposfera”, como os processos erosivos provocados pela remoção da cobertura vegetal e compactação provenientes da utilização de maquinário agrícola ou pisoteio do gado (Lepsch, 2002). Em ambas as condições, há o favorecimento do escoamento superficial, condição que pode ser agravada em solos cuja saturação ocorra de maneira mais rápida e também em solos mais susceptíveis aos processos erosivos, como os solos derivados de rochas sedimentares, como ocorre no caso dos solos do Noroeste do Paraná, que tem como material de origem os arenitos da Formação Caiuá – objeto de estudo deste trabalho.

Braido (2006) e Zandonadi (2006) trabalham com a utilização do mesmo método de balanço hídrico propostos por Ranzani (1971). Ambos os trabalhos se referem a uma aplicação até então inédita de espacialização desses dados para a Bacia do Paranapanema III e IV respectivamente.

Este trabalho propõe a aplicação da mesma metodologia, porém com a visualização dos dados de forma linear, visando demonstrar a variação da lâmina d'água sobre um sistema pedológico. A relevância de tal aplicação reside no fato de que o solo apresenta variações ao longo de uma vertente, tendo as classes de solos, íntima relação com a sua posição na vertente e com a declividade e forma da mesma.

Juhász *et al.* (2006) chamam a atenção para o fato de que o solo é um corpo contínuo que não se apresenta sob a forma de perfil vertical, sendo os perfis uma metodologia elaborada pela Pedologia para facilitar a compreensão e análise dos solos. Para entender como se dá a variação dos solos ao longo da paisagem e das vertentes, os estudos de topossequência são os mais adequados.

Soubiés *et al.* (1984) *apud* Nakashima (1999) define sistemas pedológicos como:

(...) um conjunto estruturado de horizontes pedológicos, distribuídos no espaço e no tempo e que ocorrem dispostos entre si ao longo das vertentes do topo à jusante. Estas relações resultam das interações físico-químicas, biológicas e mineralógicas existentes entre os constituintes do solo. (p. 12)

Ainda segundo Nakashima (1999):

“As variações laterais são progressivas. É possível caracterizá-las com uma boa aproximação, por uma sequência vertical de horizontes ou por uma sequência vertical de organizações elementares que derivam umas das outras” (p. 12)

Dessa forma, o estudo dos solos ao longo de uma topossequência revela as variações laterais que vão resultar nos diferentes tipos de solo ao longo da vertente, além de fornecer subsídios para a compreensão dos processos que levam a tais variações. Dentre as variações observadas, estão as variações texturais e estruturais, e estas são determinantes para a quantidade de água que um compartimento específico de solo pode reter, bem como a velocidade de preenchimento e esvaziamento dos volumes.

Podemos afirmar ainda que, as atividades agrícolas estão intimamente atreladas às propriedades físico-químicas dos solos, e que o uso adequado destes solos deve considerar tais características, bem como o regime de chuvas que atua sobre estes.

Segundo Forsythe e Legarda (1978) e Freire *et al.* (1980) *apud* Mourkazel *et al.* (1984):

O volume do solo não ocupado por sólidos constitui o espaço poroso, reservatório de água e ar para as plantas. A água contida neste reservatório está sujeita a variações decorrentes do processo de infiltração, evapotranspiração e redistribuição de água no perfil do solo. Do ponto de vista agrônomo, é de importância fundamental conhecer a quantidade de água armazenada e suas variações em um perfil de solo, para análise do comportamento de uma cultura, pois a

absorção de nutrientes e produção da cultura são afetadas pelos níveis de água do solo. (p. 1.395).

Winter (1976) chama a atenção para o fato de que “os horticultores sabem que, para assegurar um crescimento máximo, nunca devem permitir que suas plantas sofram falta d’água”. No município de Paranavaí, temos um regime de chuvas que disponibiliza, em média, 1.487,4 mm de chuvas anuais. Tal quantidade de chuvas, em uma primeira análise, é suficiente para sustentar qualquer tipo de uso agrícola, porém, é importante ressaltar que a distribuição dessas chuvas não ocorre de forma regular durante o ano, e mais, varia anualmente, de forma que em anos de condições extrema (muito secos ou muito chuvosos), ocorrem variações que podem trazer problemas de falta de água no solo ou de excesso de escoamento superficial e consequente aumento nos processos erosivos.

Neste mesmo sentido, Moura *et al.* (1994), afirmam que:

Os elementos climáticos são variáveis com o tempo, fazendo com que a exploração agrícola esteja sempre sujeita a incertezas. Dentre os fatores meteorológicos, a precipitação apresenta grande variabilidade espaço-temporal, cuja estimativa constitui-se uma das principais fontes de erro em planejamentos agropecuários. (p. 284).

O balanço hídrico é um método utilizado para quantificar as relações entre entrada e saída de água no solo, e tem se mostrado uma maneira eficaz de relacionar os atributos climáticos aos parâmetros edafo-pedológicos. Um dos métodos de cálculo do balanço hídrico mais amplamente utilizados é o de Thornthwaite e Mather (1955). Este método, porém, não leva em consideração as diferenciações da água retida nos diferentes horizontes do solo, adotando um valor médio para todo o pacote de alteração.

O entendimento da importância da relação entre solos e clima é o ponto fundamental deste trabalho, e justifica as metodologias escolhidas para a sua execução. Faria e Caramori (1986) apontam que “a caracterização das propriedades físico-hídricas do solo é de fundamental importância para um manejo adequado, principalmente na solução de problemas relacionados à irrigação, drenagem, conservação dos solos e escoamento superficial.”.

Ranzani (1971) adapta a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather *op. cit.*, e considera os diferentes valores de retenção de água nos diferentes horizontes do solo. Para tanto, são necessários ensaios que visam determinar este parâmetro para cada um dos horizontes de solo analisados. A partir deste método, é possível calcular o

comportamento da lâmina d'água em diferentes tipos de solos, submetidos ao mesmo regime de chuvas.

3. Material e Método

3.1. Material

3.1.1. Localização e situação geográfica

A topossequência estudada se encontra no município de Paranaíba-PR, localizado entre as coordenadas 23°08'26" a 22°36'22"S de latitude S e 52°44'58" e, 52°20'48" de longitude W, pertencente à Mesorregião Noroeste Paranaense, e Microrregião de Paranaíba (**Figura 1**).

O município ocupa uma área de 1.202 km², e é limitado a norte pelo rio Paranapanema, a oeste pelos municípios de Terra Rica, Guairaçá e Amaporã; a sul pelos municípios de Mirador, Nova Aliança do Ivaí e Tamboara; e a leste pelos municípios de Santo Antônio do Caiuá, São João do Caiuá e Alto Paraná.

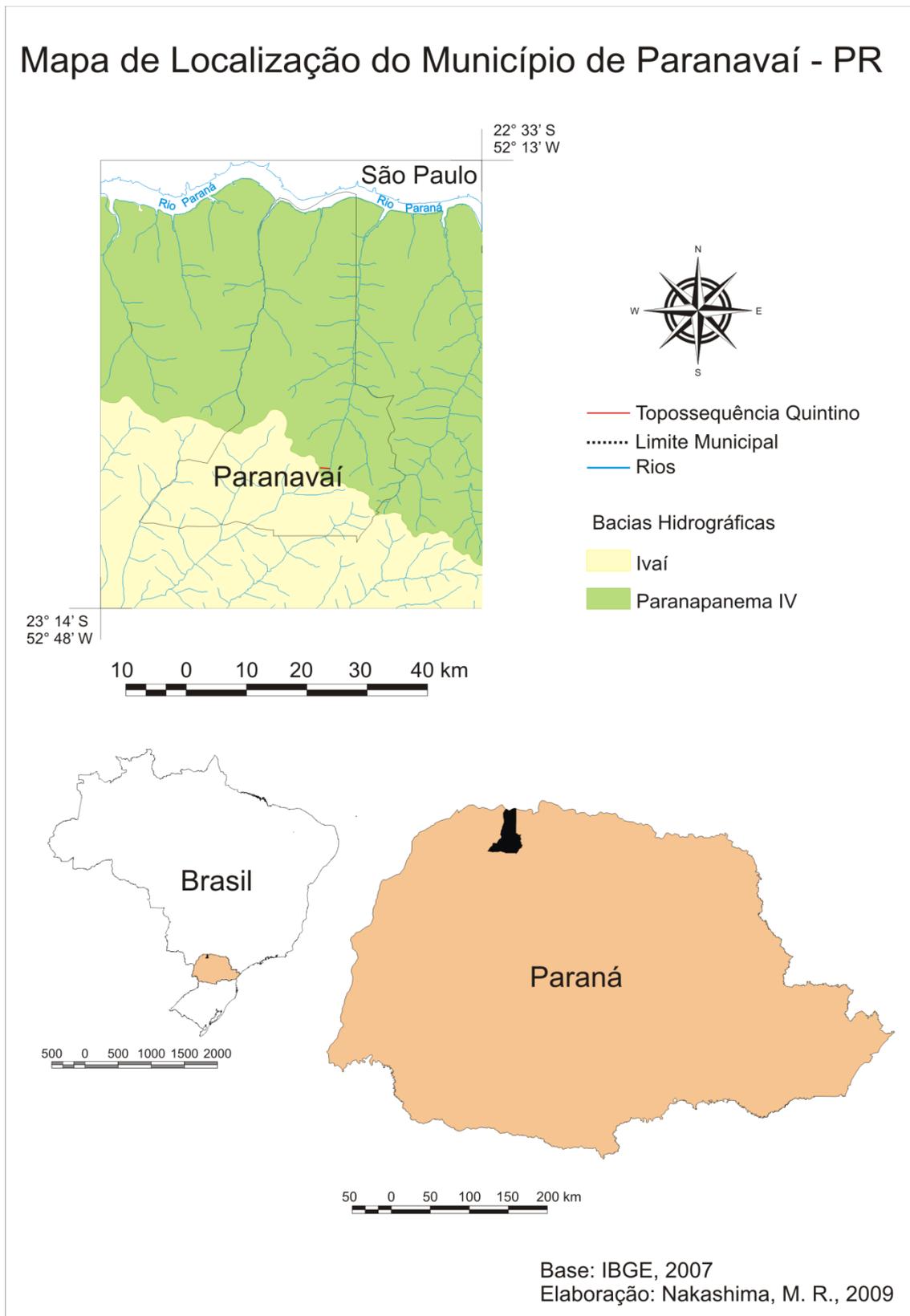


Figura 1: Mapa de localização do município de Paranavaí e da Topossequência Quintinho.
Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

3.1.2. Clima

O clima do município de Paranaíba, segundo a classificação de Köppen (1948) apresentada em PARANÁ (1978), é do tipo Cfa, subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes.

Para o período estudado, entre os anos de 1976 a 2007, a média de temperatura foi de 22,2°C, e a precipitação média anual de 1.487 mm. Os meses mais secos são junho, julho e agosto, e os mais chuvosos são dezembro, janeiro e fevereiro.

As maiores temperaturas ocorrem nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, enquanto as menores são as dos meses de maio, junho e julho. De forma geral, as menores temperaturas coincidem com os meses mais secos; e as maiores temperaturas coincidem com os meses mais chuvosos, conforme pode-se observar na **Figura 2**.

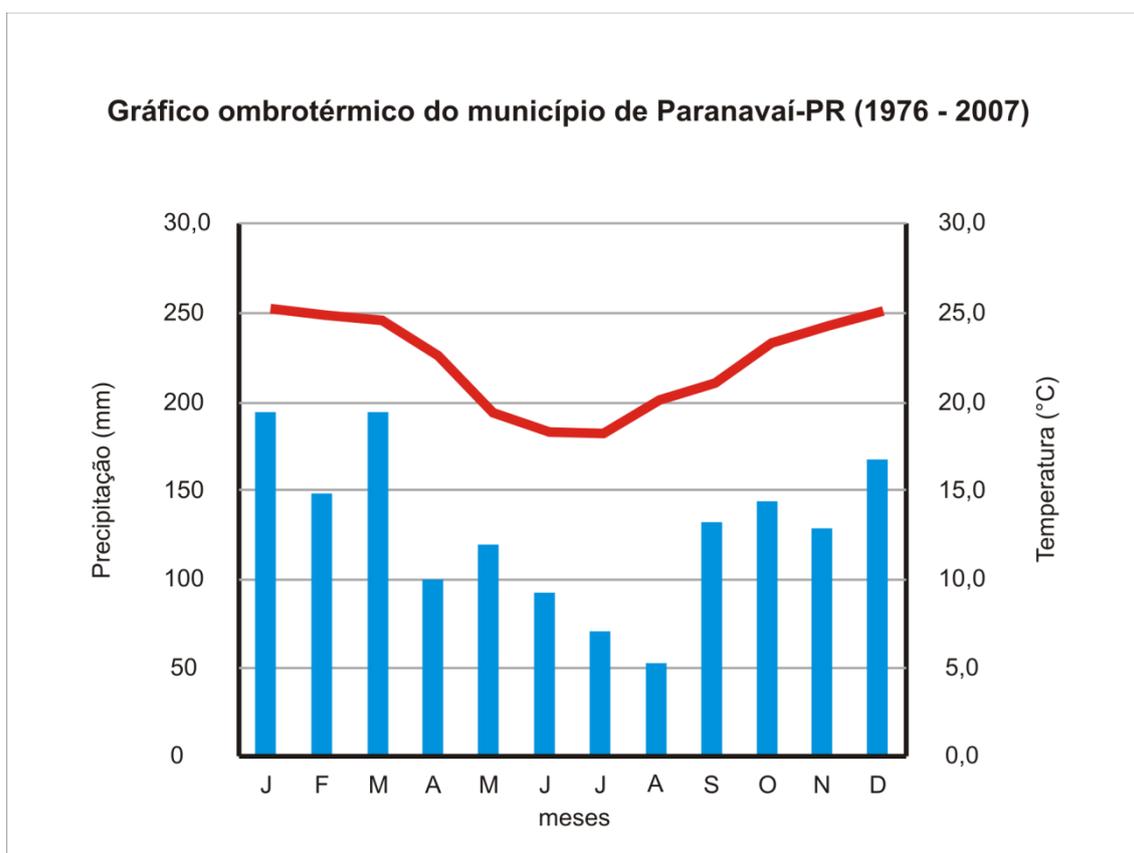


Figura 2: Gráfico ombrotérmico do município de Paranaíba-PR.

Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

3.1.3. Vegetação e Uso do Solo

Segundo o IBGE (2004) a vegetação original do município de Paranaíba é a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, mas a ocupação atual se dá principalmente com atividades agrícolas, principalmente pecuária (as pastagens ocupam cerca de 55% da área do município) e lavouras temporárias, conforme demonstrado na **tabela 1**.

Tabela 1: Uso do solo no município de Paranaíba.

Tipo de Uso	% da área
Pastagens - plantadas em boas condições	39,79
Lavouras - temporárias	15,43
Pastagens - naturais	14,93
Lavouras - permanentes	11,92
Matas e/ou florestas - naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	7,78
Construções, benfeitorias ou caminhos	6,38
Matas e/ou florestas - naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais)	1,21
Pastagens - plantadas degradadas	1,08
Lavouras - área plantada com forrageiras para corte	0,94
Matas e/ou florestas - florestas plantadas com essências florestais	0,32
Sistemas agroflorestais - área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastejo por animais	0,18
Lavouras - área para cultivo de flores (inclusive hidroponia e plasticultura), viveiros de mudas, estufas de plantas e casas de vegetação	0,02
Tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura	0,02
Terras degradadas (erodidas, desertificadas, salinizadas, etc.)	0,01
Terras inaproveitáveis para agricultura ou pecuária (pântanos, areais, pedreiras, etc.)	0,01
Fonte: IBGE - Censo Agropecuário, 2006	

3.1.4. Hidrografia

Paranaíba faz parte de duas grandes bacias hidrográficas, a bacia do Ivaí, que ocupa 420 km², cerca de 35% da área do município na porção meridional e a bacia do Paranapanema IV, que ocupa 782 km², ou 65% da área do município, na porção setentrional (**Figura 1**).

A topossequência estudada situa-se na bacia do Paranapanema IV, no ribeirão do Quintinho, em região que apresenta padrão de drenagem dendrítico-paralelo.

3.1.5. Geologia

Santos *et al.* (1991) situa o município de Paranavaí no domínio dos arenitos da Formação Caiuá, do Grupo Bauru. Estes arenitos desenvolveram-se a partir do Cretáceo Inferior, e segundo Nakashima (1999), ainda são controversas as questões relativas à sua gênese, idade e posicionamento estratigráfico, sendo que alguns autores defendem sua origem eólica, outros defendem sua origem fluvial, e um terceiro grupo afirma ser de origem deltaica, sendo que as duas primeiras hipóteses são mais aceitas (eólica e fluvial, formadas em ambiente árido ou semiárido).

As rochas são arenitos finos e médios, com estratificação cruzada planar e colorações avermelhadas a arroxeadas.

Os arenitos da Formação Caiuá encontram-se capeados por depósitos Cenozóicos, descritos por Popp e Bigarella (1985) como Formação Paranavaí, e tratam-se, segundo os autores, de depósitos de origem colúvio-aluvionar. Para Nakashima (1999), essa explicação ainda não é bem fundamentada, por conta da ausência de contato erosivo entre tais depósitos e os arenitos da Formação Caiuá, podendo, portanto, tratar-se de simples alteração *in situ* dos próprios arenitos.

3.1.6. Geomorfologia

O relevo do município de Paranavaí apresenta altitudes que variam de cerca de 510 metros a 380 metros. Segundo Nakashima (1999), caracteriza-se por interflúvios extensos, quase que aplainados, com vertentes longas, que variam de 1.000 a 2.000 metros de extensão, com formas predominantemente convexo-retilíneas, apresentando ligeira ruptura de declividade no terço inferior. As declividades variam de 1% a 3%, podendo chegar até 7%.

As cabeceiras de drenagem em forma de “U” formam, com certa frequência, anfiteatros amplos. A fragilidade dos solos originados dos arenitos da Formação Caiuá, aliados ao uso predominante da pecuária têm acelerado os processos erosivos lineares, a voçorocas, ravinas e sulcos são muito frequentes no município.

3.1.7. Cobertura Pedológica

Segundo Nakashima (1999) o sistema pedológico dominante no município de Paranaíba-PR é: Latossolo Vermelho Escuro, Orto, distrófico, textura média - Podzólico Vermelho Amarelo, Orto, textura média-Gley.

Este sistema apresenta dominância da cobertura latossólica em quase toda a vertente, caso da topossequência estudada neste trabalho. As transformações laterais ocorrem apenas na baixa vertente, e são lentas e graduais.

Ainda segundo o autor, o teor de argila varia de 8% a 14% nos horizontes superficiais a 16% a 20% nos horizontes inferiores, apresentando nesse caso gradiente textural baixo. Na topossequência Quintinho, os solos encontrados são compatíveis com esses dados.

Nos horizontes da cobertura podzólica em baixa vertente, verifica-se maior concentração de argila nos horizontes inferiores, aumentando nesse caso o gradiente textural.

A topossequência estudada, porém, não apresenta cobertura podzólica, apresentando apenas uma variação próxima ao canal do ribeirão Quintinho, com colúvios de textura arenosa.

3.2. Método

Em um primeiro momento, procedeu-se a revisão bibliográfica, onde o foco principal foram trabalhos que discutissem a dinâmica hídrica dos solos, metodologias de balanço hídrico e pedologia; e ainda, trabalhos realizados para a mesma área.

3.2.1. Topossequência

A topossequência Quintinho que servirá de base para este trabalho está localizada na porção sul do município de Paranaíba, na fazenda São Domingos, no limite da bacia do Paranapanema IV.

Esta topossequência foi descrita por Nakashima (1999), seguindo o método preconizado por Boulet (1988). Situa-se na vertente da margem esquerda do Ribeirão Quintinho, afluente de primeira ordem do alto curso do ribeirão Caiuá. A topossequência apresenta 1.160 metros de extensão, desnível de 65 metros e declividade média de 3%, com forma convexo-retilínea.

3.2.2. Os dados climáticos e o balanço hídrico

Os dados climáticos (precipitação e temperatura) foram obtidos na Estação Climatológica de Paranaíba localizada a 23°05'00 de latitude sul e 52°26'00'' longitude oeste a 480m de altitude, compreendendo ao período entre os anos de 1976 e 2007.

A determinação do ano padrão foi aplicada para a escala anual e mensal toda a série histórica (1976 e 2007) através da metodologia proposta por Monteiro (1976). Em seguida, foram escolhidos os anos representativos (chuvoso e seco) para aplicação do balanço hídrico proposto por Ranzani (1971), que é baseado na metodologia preconizada por Thornwaite e Mather (1955).

A determinação dos anos extremos (ano seco, 1985 e ano chuvoso, 1983) foi necessária para que se tornasse possível a avaliação do comportamento da lâmina de água no solo em anos que apresentaram problemas para a agricultura, de forma que, em um primeiro momento, o método de Ranzani (1971) foi aplicado sobre os parâmetros médios para toda a série histórica (1976 a 2007) e em seguida, comparados com as situações anormais.

Esse método foi aplicado para as classes de solos encontradas em toda a topossequência do Quintinho, buscando visualizar a lâminas d'água até 1,20m de profundidade ao longo de toda a vertente.

Uma vez que os ensaios para a determinação do CAD, fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho, são muito dispendiosos foram utilizados dados da Embrapa (1982), referentes a solos do Norte de Minas Gerais. Para a escolha dos solos utilizados no cálculo do balanço hídrico, adotou-se, como critério principal, a proximidade com aqueles levantados na topossequência Quintinho, de acordo com a

composição granulométrica. Dessa forma, para o Latossolo Vermelho Amarelo textura média utilizou-se os dados de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico com CAD de 74,9mm; e para o solo coluvial, foram utilizados os dados de uma Areia Quartzosa Álica com CAD de 72,2 mm (**Tabela 2**).

Cabe ressaltar que os valores adotados foram os mais próximos possíveis, mas ainda assim, os valores de CAD podem apresentar erros em relação aos solos realmente encontrados na topossequência estudada.

Tabela 2: Análise granulométrica dos solos

Solos e perfis	Análise Granulométrica (%)					
	Horizonte	A. Grossa	A. Fina	Areia	Silte	Argila
Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa, 1982)	A	36	32	68	10	22
	Bw1	34	33	67	10	23
	Bw2	31	35	66	8	26
Areia Quartzosa Álica (Embrapa, 1982)	A	29	61	90	4	6
	C1	24	63	87	5	8
	C2	22	64	86	5	9
Latossolo Vermelho Amarelo textura média (Nakashima, 1999)	A	22	61	83	6	11
	Bw1	21	55	76	5	18
	Bw2	22	54	76	6	18
Solo Coluvial (Nakashima, 1999)	Ap	23	67	90	6	5
	B	25	59	83	8	9
	C (bandas)	23	58	81	6	13
	C (c/bandas)	29	55	84	7	9
	D	22	56	78	7	15
	base do perfil	24	57	80	4	16

Fonte: Embrapa (1982), Nakashima (1999)

Organização: Nakashima, M. R. (2009)

A camada de água disponível em cada camada (horizonte) de solo foi determinada através da seguinte equação:

$$h = AD \times D_s \times E/100$$

Onde:

h = camada de água disponível no horizonte (mm)

AD = conteúdo de umidade compreendido entre 1/3 e 15 atmosferas de tensão (g de água/100g de terra seca a 105 – 110°C)

D_s = massa específica do solo do horizonte (g/cm³)

E = espessura do horizonte (mm)

Em seguida, foi calculada a Capacidade de Água Disponível (CAD), somando os valores acumulados de “h” de cada horizonte.

Por fim, para estimar a espessura das camadas com e sem água no solo, utilizou-se a seguinte equação:

$$C_t = E_{\text{acum}} + (P - EP)_{\text{acum}} - h_{\text{acum}} / h / E$$

Onde:

C_t = camada de terra em mm com água disponível

E = espessura do horizonte (mm)

P = Precipitação

EP = Evapotranspiração potencial média

h_{acum} = camada de água disponível acumulada (mm)

C_t será equivalente à camada de terra com água se o valor de P – EP for positivo; e camada de terra sem água, quando o valor de P – EP for negativo.

O valor de EP foi calculado segundo a metodologia de Thornwaite e Mather (1955).

3.2.3. Softwares utilizados

Para os cálculos dos dados climáticos e do balanço hídrico foi utilizada a planilha eletrônica do *software Excel 2007*, utilizando-se de diferentes parâmetros estatísticos como a média, desvio padrão e o coeficiente de variação.

Para elaboração da topossequência foi utilizado o *software CorelDraw X3*; neste programa também foram elaborados os gráficos de camada de água disponível e o ombrotérmico do município de Paranaíba.

O mapa de localização foi confeccionado com a utilização do *software Global Mapper v.11*, e a arte-final foi realizada no *software CorelDraw X3*.

4. Análise e Discussão dos Resultados

4.1. Dados dos levantamentos pedológicos

A topossequência do ribeirão do Quintinho (**Figura 3**), levantada por Nakashima (1999), mostra que um Latossolo Vermelho Amarelo textura média recobre toda a vertente, com exceção do fundo de vale, onde é encontrado um solo colúvio.

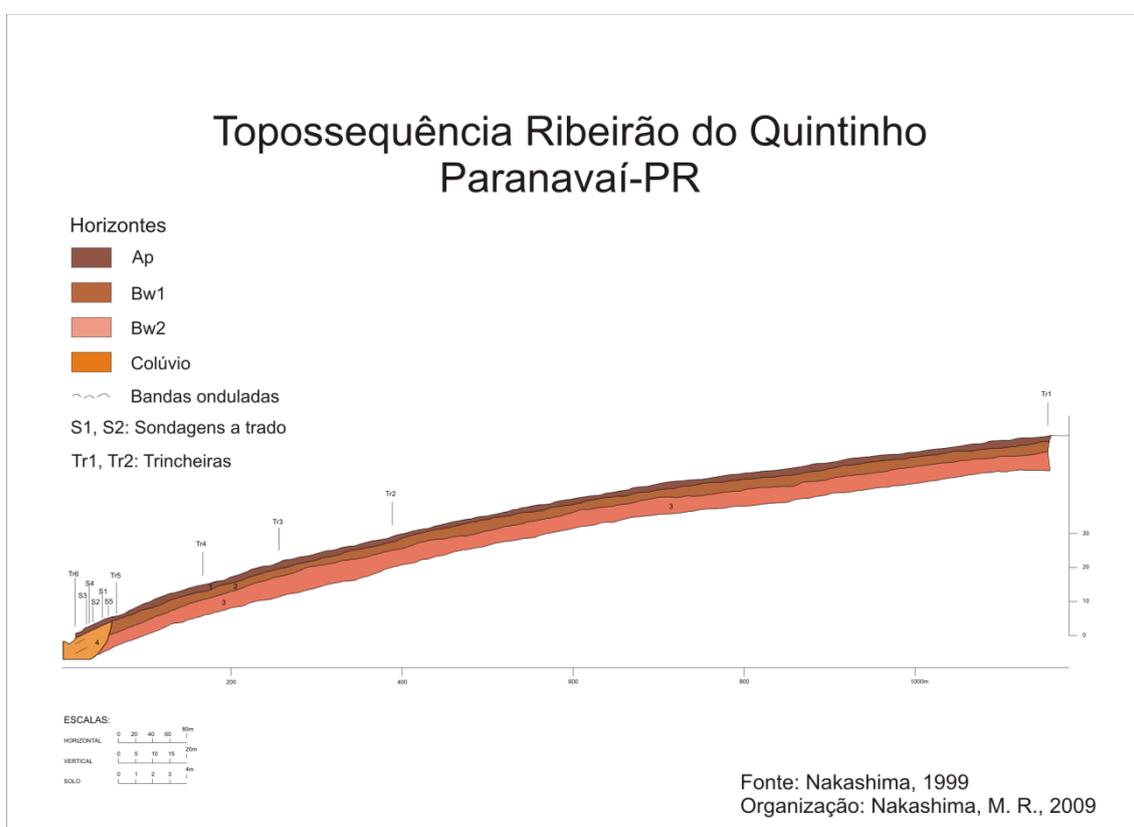


Figura 3: Topossequência do Ribeirão do Quintinho

Os solos apresentam íntima relação com o relevo, e nas condições apresentadas pela topossequência Quintinho, de baixa declividade e forma convexa-retilínea, há a ocorrência, do topo à base da vertente, de um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média, e próximo ao canal, encontrou-se um solo colúvio, de textura arenosa.

Segundo o autor, o horizonte Ap, que recobre toda a vertente tem em média 35 cm, com estrutura subangular a microagregada e estável em contato com a água. A transição para o horizonte inferior é difusa.

Logo abaixo do horizonte Ap, ocorre o Bw, que foi subdividido em Bw1 e Bw2, que apresenta textura média e estrutura microagregada, pouco estáveis. A alta porcentagem de areias nesse latossolo, que variam de 76% a 83% agrava os processos erosivos, que são bastante agressivos na área, devido à remoção da cobertura vegetal.

Segundo Gasparetto (1995), no terço inferior da vertente, com o aumento da declividade, foi relatado o aparecimento de *piping* e processos de solifluxão. Esta área foi classificada como sendo de instabilidade declarada, segundo a metodologia proposta por Raul (1970), para mapeamento de zonas expostas a risco de movimentos de solo (ZERMOS).

4.2. Dados dos levantamentos climatológicos

A **Tabela 3** mostra os resultados obtidos através dos cálculos de determinação de anos padrão, proposto por Monteiro (1976).

As células de coloração vermelha e rosa representam meses com desvios negativos, enquanto as células de coloração azul ou azul claro, indicam meses com desvios positivos, ou seja, mais chuvosos que a média da série.

Tabela 3: Determinação de ano padrão a partir dos desvios em escala anual (Monteiro, 1976).

Ano Padrão - Escala Anual (Monteiro, 1976)	
Anos	Coef. Var.
1976	30,3
1977	9,7
1978	-29,9
1979	-4,4
1980	8,0
1981	-7,1
1982	6,0
1983	32,9
1984	-13,6
1985	-34,3
1986	-7,6
1987	17,1
1988	-26,4
1989	2,8
1990	10,0
1991	-21,9
1992	30,3
1993	-8,5
1994	-14,4
1995	1,6
1996	0,0
1997	42,0
1998	8,7
1999	-14,3
2000	3,2
2001	0,3
2002	-5,7
2003	-0,7
2004	7,3
2005	-5,9
2006	-4,8
2007	-10,8

	Seco	menor que -30
	Tendente a Seco	de -15,1 a -30,0
	Normal	de -15,0 a 15,0
	Tendente a Chuvoso	de 15,1 a 30,0
	Chuvoso	maior que 30

Fonte: Estação Climatológica de Paranavaí-PR. Dados de 1976 a 2007.

O ano escolhido como ano seco foi 1985, apresentando coeficiente de variação negativo de 34,3. Já o ano chuvoso com maior desvio positivo foi o de 1997, porém, escolheu-se o ano de 1983, com desvio de 32,9 devido ao número de meses com desvio positivo, sete, contra cinco em 1997. Os dados de desvio em escala mensal constam da **Tabela 4** e da **Figura 4**.

Tabela 4: Determinação de ano padrão a partir dos desvios em escala mensal (Monteiro, 1976)

Ano Padrão - Escala Mensal												
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1976	-8,5	-29,7	-37,9	53,2	63,6	82,1	-29,6	308,2	37,2	103,8	-10,7	14,8
1977	44,8	-22,5	19,1	-33,4	-38,1	65,1	-38,0	-60,1	-15,1	-46,3	97,6	62,1
1978	-42,3	-75,8	-27,9	-88,0	-42,0	-84,1	146,9	-64,2	7,7	-38,1	-24,9	7,2
1979	-25,3	38,5	-86,7	-6,0	31,4	-100,0	6,2	-18,7	49,7	26,3	-16,1	14,1
1980	-44,5	69,2	-28,3	18,1	22,3	7,6	-54,4	68,7	60,2	3,8	-36,0	30,8
1981	-15,1	1,0	-27,4	29,4	-95,5	53,7	-63,0	-74,4	-87,7	90,4	0,6	36,8
1982	-61,6	-19,1	-0,9	-32,6	-64,4	143,0	60,5	-6,2	-69,3	7,3	115,6	64,1
1983	16,1	-32,8	105,4	81,2	81,1	221,3	-77,6	-100,0	81,3	-17,6	33,3	-20,3
1984	-13,7	-50,5	-40,9	20,3	-58,2	-91,3	-92,0	10,1	23,5	-75,5	29,9	111,1
1985	-56,8	35,9	3,3	10,2	-8,2	-68,2	-32,3	-59,7	-67,3	-43,3	-65,9	-60,6
1986	16,8	35,4	17,4	-25,2	38,8	-97,6	-69,9	253,2	-41,7	-58,7	-79,2	4,5
1987	-6,8	35,3	-83,0	61,8	113,8	36,9	78,0	-80,8	-20,5	16,3	63,9	-0,6
1988	-27,1	13,1	-2,0	-14,2	11,6	-43,7	-100,0	-100,0	-72,9	60,4	-61,5	-60,6
1989	56,8	17,9	-8,5	-45,5	-71,3	43,7	12,2	236,6	46,2	-55,1	-41,1	-34,1
1990	57,8	-80,4	46,1	4,9	28,8	2,2	54,6	57,6	49,8	39,8	-25,9	-63,4
1991	2,5	-63,2	27,5	-32,8	-75,6	46,3	-89,6	-85,5	-49,5	-59,4	-5,2	44,4
1992	-88,2	-82,9	99,6	146,9	192,5	-62,8	425,3	-21,5	95,8	-1,4	-33,8	-45,6
1993	13,8	25,8	-49,1	-10,7	-22,7	-28,0	-26,1	-67,2	-0,1	27,7	-30,0	-6,8
1994	8,2	-32,3	1,1	-4,3	-16,0	80,3	-8,0	-94,7	-55,6	-17,5	2,1	-49,4
1995	79,7	-15,5	-24,2	-7,2	-81,4	-47,0	-10,2	-80,2	29,5	73,9	-58,8	30,2
1996	-17,7	6,2	50,1	-7,3	-17,1	-67,3	-85,5	-59,5	5,5	32,4	5,9	49,0
1997	76,0	91,4	-53,2	-41,7	-20,2	241,9	-53,5	-28,3	-29,3	137,9	105,8	3,3
1998	-43,3	-17,8	94,5	101,4	-34,4	-71,1	-47,9	135,9	129,8	10,0	-69,9	-7,7
1999	-2,9	30,9	-22,6	-7,6	-28,9	38,2	59,8	-100,0	-61,7	-52,1	-61,9	18,3
2000	-55,0	150,2	-4,7	-44,5	-70,8	-8,3	-5,4	194,1	55,2	-37,5	-5,2	-20,8
2001	-13,6	16,9	51,6	-54,2	42,4	18,8	-54,5	21,3	-33,4	-55,6	13,9	35,7
2002	35,6	-24,8	-61,6	-77,1	211,3	-94,7	-25,2	16,9	1,6	-71,9	52,9	-47,9
2003	43,2	54,9	16,9	24,4	-58,6	-41,1	-10,3	58,0	-22,4	-30,7	-33,8	-11,8
2004	-22,0	-60,9	18,8	19,1	153,6	46,6	52,9	-99,4	-71,2	54,6	100,9	-77,0
2005	83,9	-88,7	-60,1	52,6	-53,2	-68,0	-23,0	-70,6	96,1	57,7	-16,5	-62,4
2006	-24,3	40,4	65,8	-55,3	-85,2	-64,6	-18,5	-17,2	26,0	-29,1	-17,5	60,4
2007	33,4	33,8	1,7	-36,0	-49,2	-90,0	117,7	-72,3	-97,6	-52,4	71,5	-17,9

	Seco	menor que -30
	Tendente a Seco	de -15,1 a -30,0
	Normal	de -15,0 a 15,0
	Tendente a Chuvoso	de 15,1 a 30,0
	Chuvoso	maior que 30

Fonte: Estação Climatológica de Paranavaí-PR, dados de 1976 a 2007.

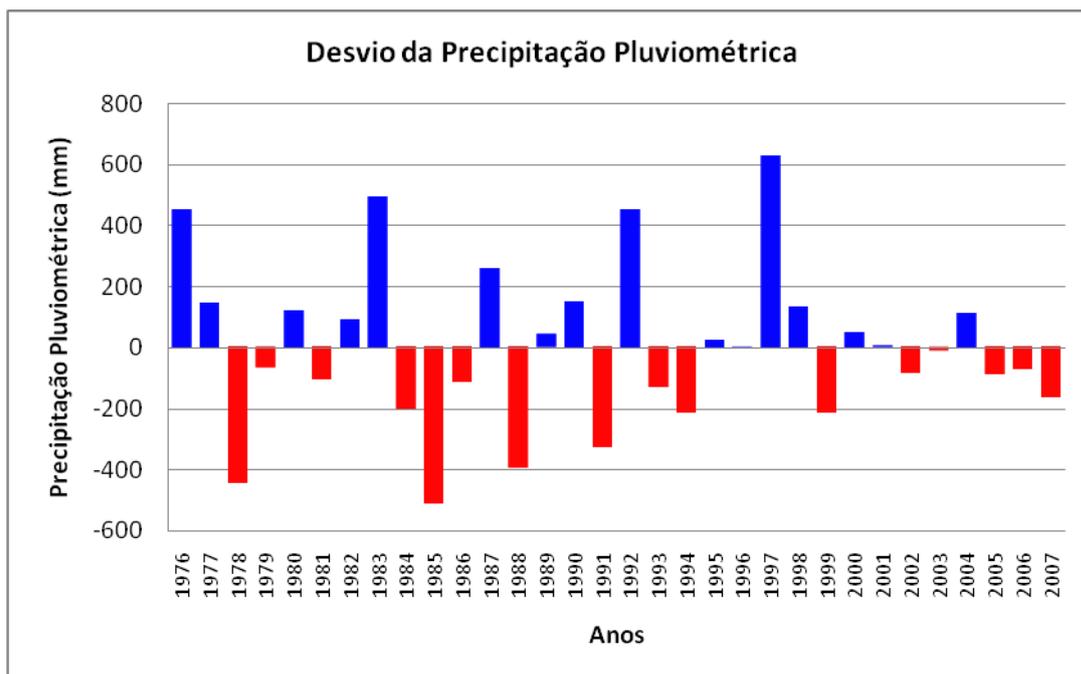


Figura 4: Desvio da precipitação pluviométrica na escala anual (Monteiro, 1976).

Fonte: Estação Climatológica de Paranavaí-PR. Dados de 1976 a 2007.

Os cálculos de determinação de ano padrão, ano seco e ano chuvoso permitem que se avance para a próxima etapa, que é o balanço hídrico de Ranzani (1971), calculado para estes anos determinados. Além dos dados climatológicos, são necessários ainda os dados referentes aos solos, que possibilitam o cálculo das camadas de água disponíveis no solo. Estes dados, constam da tabela 5.

A **Tabela 5** apresenta dados muito semelhantes para os dois tipos de solo analisados, o Latossolo e o Neossolo Quartzarênico (coluvial). Os dados mais relevantes são os de camada de água disponível acumulada (h_{acum}), uma vez que este valor determina o CAD e a camada de água disponível no horizonte por espessura do horizonte (h/E), que se revelou fundamental nos resultados.

Tabela 5: Características físico-hídricas dos Latossolo e Neossolo Quartzarênico (Coluvial).

Latossolo Vermelho- Amarelo textura média							
HORIZONTES			AD% (4)	Da g/cm ³ (5)	h mm (6)	hacum mm (7)	h/E mm/mm (8)
Ident. (1)	Eh mm (2)	Ehacum mm (3)					
A	150	150	5,6	1,45	9,90	9,90	0,07
Bw1	200	350	6,0	1,45	11,40	21,30	0,03
Bw2	850	1.200	5,3	1,52	53,60	74,90	0,04

Neossolo Quartzarênico							
HORIZONTES			AD% (4)	Da g/cm ³ (5)	h mm (6)	hacum mm (7)	h/E mm/mm (8)
Ident. (1)	Eh mm (2)	Ehacum mm (3)					
A	200	200	6,7	1,50	13,40	13,40	0,07
C1	400	600	5,4	1,49	21,60	35,00	0,04
C2	600	1.200	6,2	1,49	37,20	72,20	0,03

Fonte: Embrapa, 1982

Foram utilizados para os cálculos da CAD 74,9 para o Latossolo Vermelho Amarelo textura média e 72,2 para o Neossolo Quartzarênico (coluvial), indicando que o Latossolo tem uma capacidade ligeiramente maior de reter água e, portanto, tende a encher e esvaziar seu reservatório mais lentamente.

As **tabelas 6 e 7**, mostram o balanço hídrico, calculados em função dos dados contidos na **Tabela 5** e dos dados climáticos do município de Paranaíba-PR.

Tabela 6: Balanço hídrico edafológico para o Latossolo Vermelho Amarelo textura média para toda a série histórica e para os anos de 1985 (seco) e 1983 (chuvoso), em Paranavaí-PR..

Toda série histórica													
Meses	Temp.	E.P.	Corr.	ETP	P	P - EP (mm)		Camada de solo (mm)		A (mm)	E (mm)	U (mm)	D (mm)
						(-)	(+)	com AD	sem AD				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Jan	25,2	4,0	34,8	139,2	195,3	-	56,1	0 - 1.200	-	74,9	56,1	-	-
Fev	24,8	4,0	30,3	121,2	148,2	-	27,0	0 - 1.200	-	74,9	27,0	-	-
Mar	24,6	3,9	31,5	122,9	130,0	-	7,2	0 - 1.200	-	74,9	7,2	-	-
Abr	22,6	3,4	28,8	97,9	101,7	-	3,8	0 - 1.200	-	74,9	3,8	-	-
Mai	19,4	2,1	28,5	59,9	119,9	-	60,1	0 - 1.200	-	74,9	60,1	-	-
Jun	18,2	1,8	26,7	48,1	93,6	-	45,5	0 - 1.200	-	74,9	45,5	-	-
Jul	18,2	1,8	27,9	50,2	71,0	-	20,8	0 - 1.200	-	74,9	20,8	-	-
Ago	20,0	2,2	29,4	64,7	53,1	-11,6	-	207 - 1.200	0 - 207	-	-	11,6	-
Set	20,9	2,6	30,0	78,0	132,8	-	54,8	0 - 1.200	-	54,8	0,0	-	-
Out	23,2	3,6	32,7	117,7	144,7	-	26,9	0 - 1.200	-	74,9	6,8	-	-
Nov	24,2	3,8	33,0	125,4	128,9	-	3,5	0 - 1.200	-	74,9	3,5	-	-
Dez	24,9	4,0	35,1	140,4	168,2	-	27,8	0 - 1.200	-	74,9	27,8	-	-
Ano	22,2				1487,4			CC = 74,9			258,6	11,6	0,0

Ano Seco - 1985													
Meses	Temp.	E.P.	Corr.	ETP	P	P - EP (mm)		Camada de solo (mm)		A (mm)	E (mm)	U (mm)	D (mm)
						(-)	(+)	com AD	sem AD				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Jan	25,1	3,9	34,8	135,7	84,3	-51,4	-	-	0 - 1.200	-	-	51,4	-
Fev	25,1	3,9	30,3	118,2	201,5	-	83,3	0 - 1.200	-	74,9	8,4	-	-
Mar	24,1	3,5	31,5	110,3	134,3	-	24,1	0 - 1.200	-	74,9	24,1	-	-
Abr	23,0	3,2	28,8	92,2	112,1	-	19,9	0 - 1.200	-	74,9	19,9	-	-
Mai	19,6	2,0	28,5	57,0	110,1	-	53,1	0 - 1.200	-	74,9	53,1	-	-
Jun	17,0	1,4	26,7	37,4	29,8	-7,6	-	73 - 1.200	0 - 73	-	-	7,6	-
Jul	16,9	1,4	27,9	39,1	48,1	-	9,0	0 - 1.200	-	9,0	-	-	-
Ago	20,1	2,1	29,4	61,7	21,4	-40,3	-	1.163 - 1.200	0 - 1.163	-	-	40,3	-
Set	21,7	2,6	30,0	78,0	43,4	-34,6	-	-	0 - 1.200	-	-	34,6	-
Out	24,2	3,5	32,7	114,5	82,0	-32,5	-	-	0 - 1.200	-	-	-	32,5
Nov	26,0	4,3	33,0	141,9	44,0	-97,9	-	-	0 - 1.200	-	-	-	97,9
Dez	27,2	4,7	35,1	165,0	66,2	-98,8	-	-	0 - 1.200	-	-	-	98,8
Ano	22,5				977,2			CC = 74,9			105,5	133,9	229,2

Ano Chuvoso - 1983													
Meses	Temp.	E.P.	Corr.	ETP	P	P - EP (mm)		Camada de solo (mm)		A (mm)	E (mm)	U (mm)	D (mm)
						(-)	(+)	com AD	sem AD				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Jan	25,6	4,4	34,8	153,1	226,8	-	73,7	0 - 1.200	-	74,9	73,7	-	-
Fev	25,1	4,1	30,3	124,2	99,6	-24,6	-	640 - 1.200	0 - 640	-	-	24,6	-
Mar	23,4	3,7	31,5	116,6	267,1	-	150,6	0 - 1.200	-	74,9	75,7	-	-
Abr	22,6	3,4	28,8	97,9	184,3	-	86,4	0 - 1.200	-	74,9	86,4	-	-
Mai	20,6	2,5	28,5	71,3	217,1	-	145,9	0 - 1.200	-	74,9	145,9	-	-
Jun	15,8	1,4	26,7	37,4	300,6	-	263,2	0 - 1.200	-	74,9	263,2	-	-
Jul	19,4	2,2	27,9	61,4	15,9	-45,5	-	-	0 - 1.200	-	-	45,5	-
Ago	19,7	2,2	29,4	64,7	0,0	-64,7	-	-	0 - 1.200	-	-	74,9	35,3
Set	18,4	1,9	30,0	57,0	240,8	-	183,8	0 - 1.200	-	74,9	108,9	-	-
Out	22,1	3,0	32,7	98,1	119,2	-	21,1	0 - 1.200	-	74,9	21,1	-	-
Nov	22,4	3,4	33,0	112,2	171,9	-	59,7	0 - 1.200	-	74,9	59,7	-	-
Dez	24,5	3,9	35,1	136,9	134,0	-2,9	-	83 - 1.200	0 - 83	-	-	2,9	-
Ano	21,6				1977,3			CC = 74,9			834,6	147,9	35,3

Fontes: Embrapa, 1982; Estação Climatológica de Paranavaí, dados de 1976 a 2007.

Tabela 7: Balanço hídrico edafológico para o Neossolo Quartzarênico para toda a série histórica e para os anos de 1985 (seco) e 1983 (chuvoso), em Paranavaí-PR.

Toda série histórica													
Meses	Temp.	E.P.	Corr.	ETP	P	P - EP (mm)		Camada de solo (mm)		A (mm)	E (mm)	U (mm)	D (mm)
						(-)	(+)	com AD	sem AD				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Jan	25,2	4,0	34,8	139,2	195,3	-	56,1	0 - 1.200	-	72,2	56,1	-	-
Fev	24,8	4,0	30,3	121,2	148,2	-	27,0	0 - 1.200	-	72,2	27,0	-	-
Mar	24,6	3,9	31,5	122,9	130,0	-	7,2	0 - 1.200	-	72,2	7,2	-	-
Abr	22,6	3,4	28,8	97,9	101,7	-	3,8	0 - 1.200	-	72,2	3,8	-	-
Mai	19,4	2,1	28,5	59,9	119,9	-	60,1	0 - 1.200	-	72,2	60,1	-	-
Jun	18,2	1,8	26,7	48,1	93,6	-	45,5	0 - 1.200	-	72,2	45,5	-	-
Jul	18,2	1,8	27,9	50,2	71,0	-	20,8	0 - 1.200	-	72,2	20,8	-	-
Ago	20,0	2,2	29,4	64,7	53,1	-11,6	-	155 - 1.200	0 - 155	-	-	11,6	-
Set	20,9	2,6	30,0	78,0	132,8	-	54,8	0 - 1.200	-	54,8	-	-	-
Out	23,2	3,6	32,7	117,7	144,7	-	26,9	0 - 1.200	-	72,2	9,5	-	-
Nov	24,2	3,8	33,0	125,4	128,9	-	3,5	0 - 1.200	-	72,2	3,5	-	-
Dez	24,9	4,0	35,1	140,4	168,2	-	27,8	0 - 1.200	-	72,2	27,8	-	-
Ano	22,2				1487,4			CC = 72,2			261,3	11,6	0,0

Ano Seco - 1985													
Meses	Temp.	E.P.	Corr.	ETP	P	P - EP (mm)		Camada de solo (mm)		A (mm)	E (mm)	U (mm)	D (mm)
						(-)	(+)	com AD	sem AD				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Jan	25,1	3,9	34,8	135,7	84,3	-51,4	-	-	0 - 1.200	-	-	51,4	-
Fev	25,1	3,9	30,3	118,2	201,5	-	83,3	0 - 1.200	-	72,2	11,1	-	-
Mar	24,1	3,5	31,5	110,3	134,3	-	24,1	0 - 1.200	-	72,2	24,1	-	-
Abr	23,0	3,2	28,8	92,2	112,1	-	19,9	0 - 1.200	-	72,2	19,9	-	-
Mai	19,6	2,0	28,5	57,0	110,1	-	53,1	0 - 1.200	-	72,2	53,1	-	-
Jun	17,0	1,4	26,7	37,4	29,8	-7,6	-	55 - 1.200	0 - 55	-	-	7,6	-
Jul	16,9	1,4	27,9	39,1	48,1	-	9,0	0 - 1.200	-	9	-	-	-
Ago	20,1	2,1	29,4	61,7	21,4	-40,3	-	872 - 1.200	0 - 872	-	-	40,3	-
Set	21,7	2,6	30,0	78,0	43,4	-34,6	-	-	0 - 1.200	-	-	31,9	2,7
Out	24,2	3,5	32,7	114,5	82,0	-32,5	-	-	0 - 1.200	-	-	-	32,5
Nov	26,0	4,3	33,0	141,9	44,0	-97,9	-	-	0 - 1.200	-	-	-	97,9
Dez	27,2	4,7	35,1	165,0	66,2	-98,8	-	-	0 - 1.200	-	-	-	98,8
Ano	22,5				977,2			CC = 72,2			108,2	131,2	231,9

Ano Chuvoso - 1983													
Meses	Temp.	E.P.	Corr.	ETP	P	P - EP (mm)		Camada de solo (mm)		A (mm)	E (mm)	U (mm)	D (mm)
						(-)	(+)	com AD	sem AD				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
Jan	25,6	4,4	34,8	153,1	226,8	-	73,7	0 - 1.200	-	72,2	73,7	-	-
Fev	25,1	4,1	30,3	124,2	99,6	-24,6	-	480 - 1.200	0 - 480	-	-	24,6	-
Mar	23,4	3,7	31,5	116,6	267,1	-	150,6	0 - 1.200	-	72,2	78,4	-	-
Abr	22,6	3,4	28,8	97,9	184,3	-	86,4	0 - 1.200	-	72,2	86,4	-	-
Mai	20,6	2,5	28,5	71,3	217,1	-	145,9	0 - 1.200	-	72,2	145,9	-	-
Jun	15,8	1,4	26,7	37,4	300,6	-	263,2	0 - 1.200	-	72,2	263,2	-	-
Jul	19,4	2,2	27,9	61,4	15,9	-45,5	-	1.002 - 1.200	0 - 1.002	-	-	45,5	-
Ago	19,7	2,2	29,4	64,7	0,0	-64,7	-	-	0 - 1.200	-	-	72,2	38
Set	18,4	1,9	30,0	57,0	240,8	-	183,8	0 - 1.200	-	72,2	111,6	-	-
Out	22,1	3,0	32,7	98,1	119,2	-	21,1	0 - 1.200	-	72,2	21,1	-	-
Nov	22,4	3,4	33,0	112,2	171,9	-	59,7	0 - 1.200	-	72,2	59,7	-	-
Dez	24,5	3,9	35,1	136,9	134,0	-2,9	-	62 - 1.200	0 - 62	-	-	2,9	-
Ano	21,6				1977,3			CC = 72,2			840,0	145,2	38,0

Fontes: Embrapa, 1982; Estação Climatológica de Paranavaí, dados de 1976 a 2007.

Nas tabelas 6 e 7, a convenção utilizada é a que segue:

ETP.: Evapotranspiração Potencial

P: Precipitação

AD: Camada de Água Disponível

A: Armazenamento

E: Excedente

U: Utilização

D: Déficit

CC: Capacidade de Campo

As **figuras 5 e 6** representam graficamente a espessura da camada de água disponível nos dois tipos de solo analisados, o Latossolo e o Neossolo Quartzarênico. Como pode-se observar nas figuras 5(A) e 6(A), o comportamento da água nos dois tipos de solo são bastante semelhantes, e são diretamente proporcionais à quantidade de chuva e ao valor de ETP (evapotranspiração potencial) em cada mês.

É importante, observar que, nas médias históricas, não há uma deficiência hídrica, visto que apenas o mês de agosto apresenta redução da lâmina d'água, da ordem de 155 mm para o Neossolo Quartzarênico (solo coluvial) e de 207 mm para o Latossolo figuras 5(A) e 6(A).



Figura 5: Representação gráfica da camada de água disponível no Latossolo Vermelho-Amarelo para toda a série histórica (A), para o ano seco de 1985 (B) e para o ano chuvoso de 1983 (C).

Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

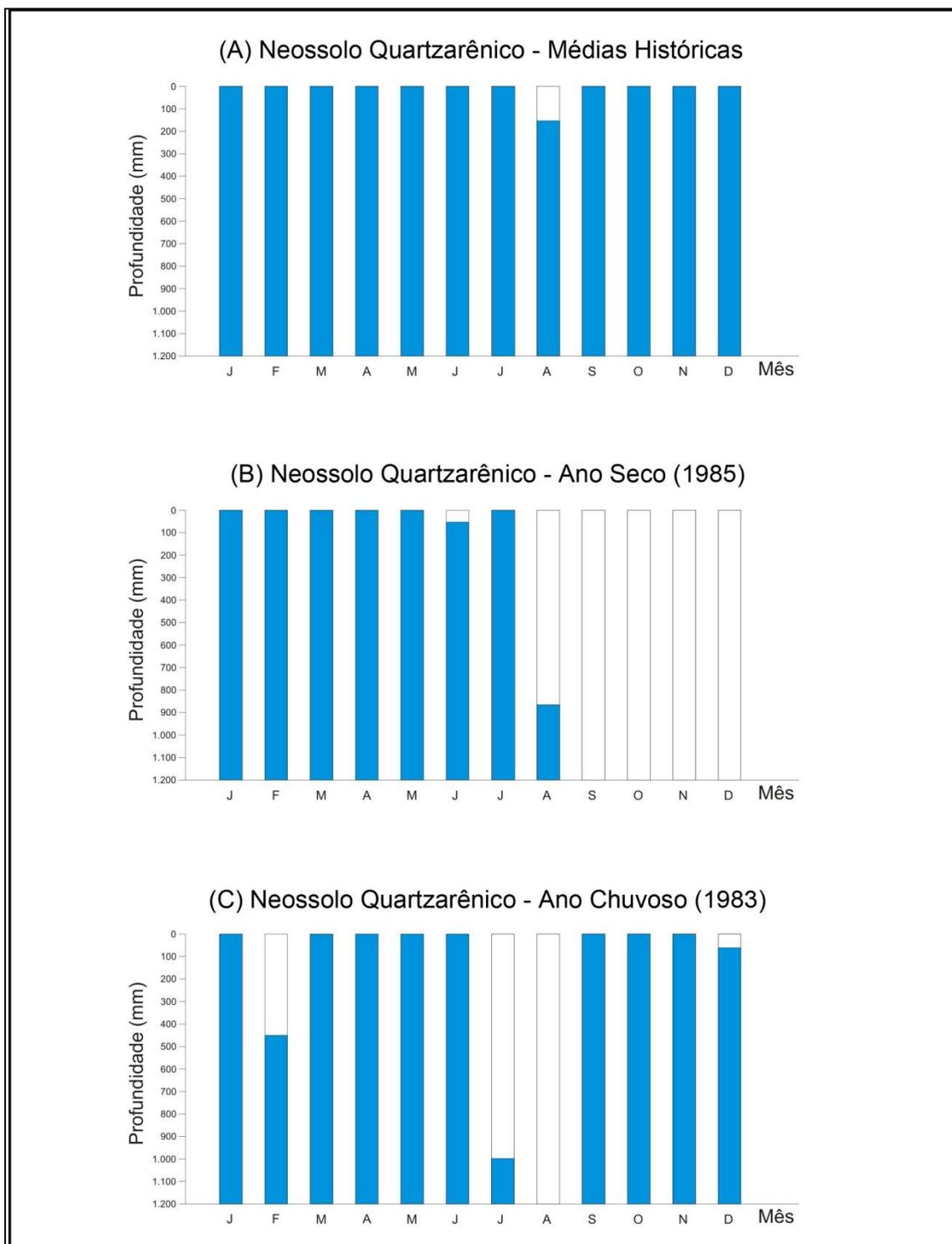


Figura 6: Representação gráfica da camada de água disponível no Neossolo Quartzarênico para toda a série histórica (A), para o ano seco de 1985 (B) e para o ano chuvoso de 1983 (C).

Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

A seguir, nas figuras 7 a 18, temos a representação dos mesmos dados, plotados sobre a toposequência do Quintinho. Estas figuras permitem que se observe como a lâmina d'água se comporta ao longo da vertente, e mostra que dependendo das

diferentes espessuras dos horizontes pedológicos ao longo da topossequência, pode-se encontrar situações diferentes ainda que a lâmina d'água se mantenha constante.

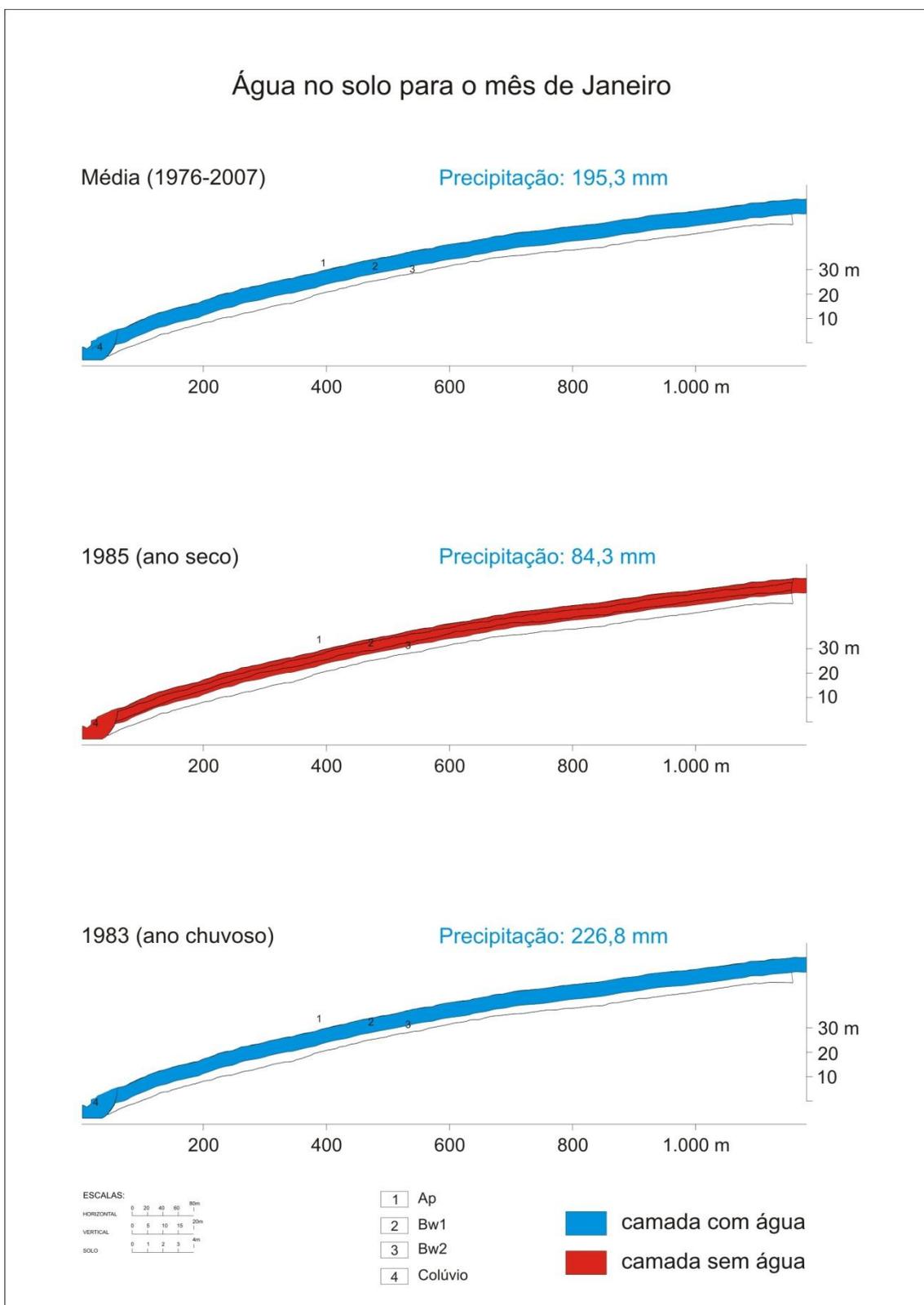


Figura 7: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de janeiro.

Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

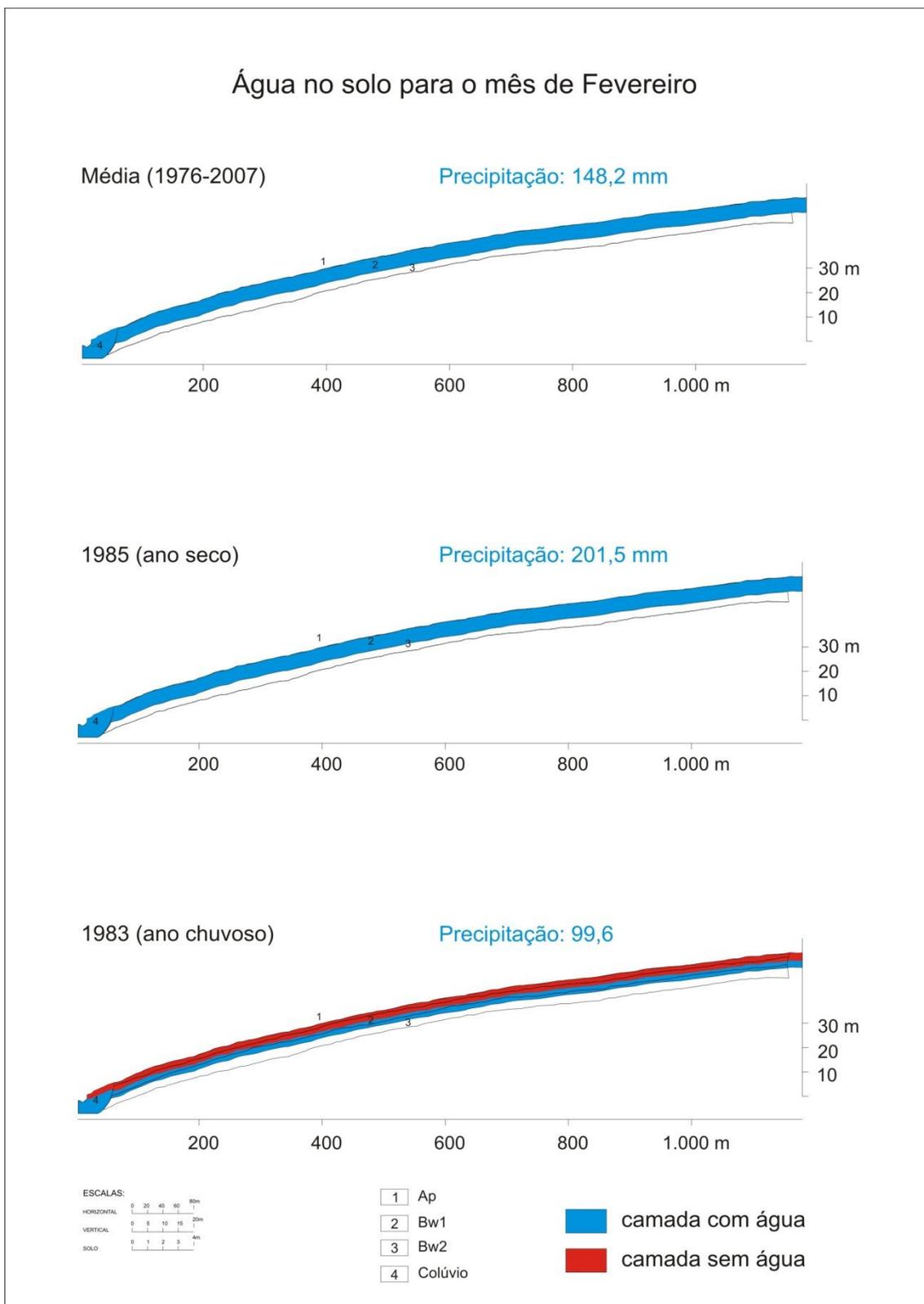


Figura 8: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de fevereiro.

Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

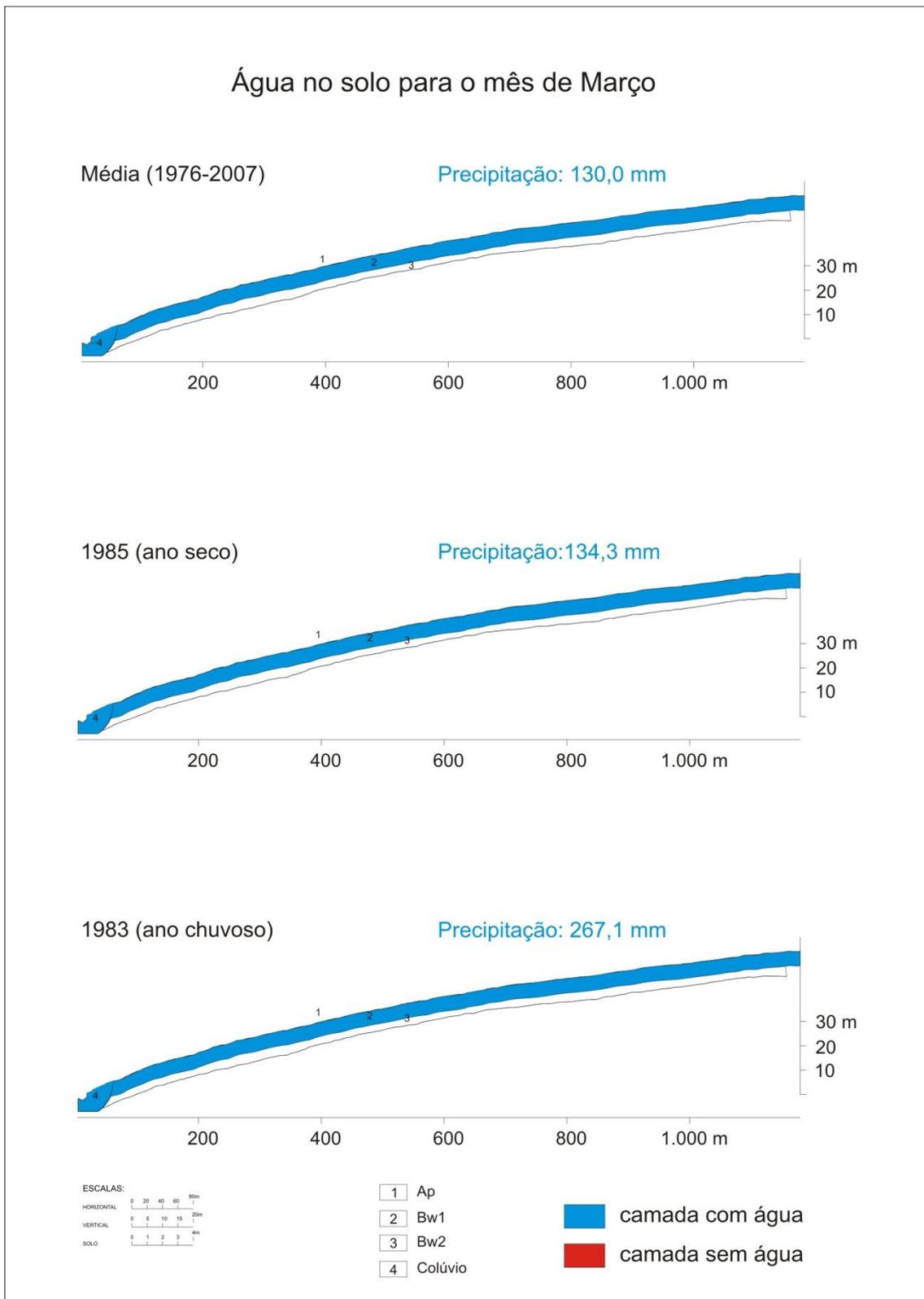


Figura 9: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de março.

Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

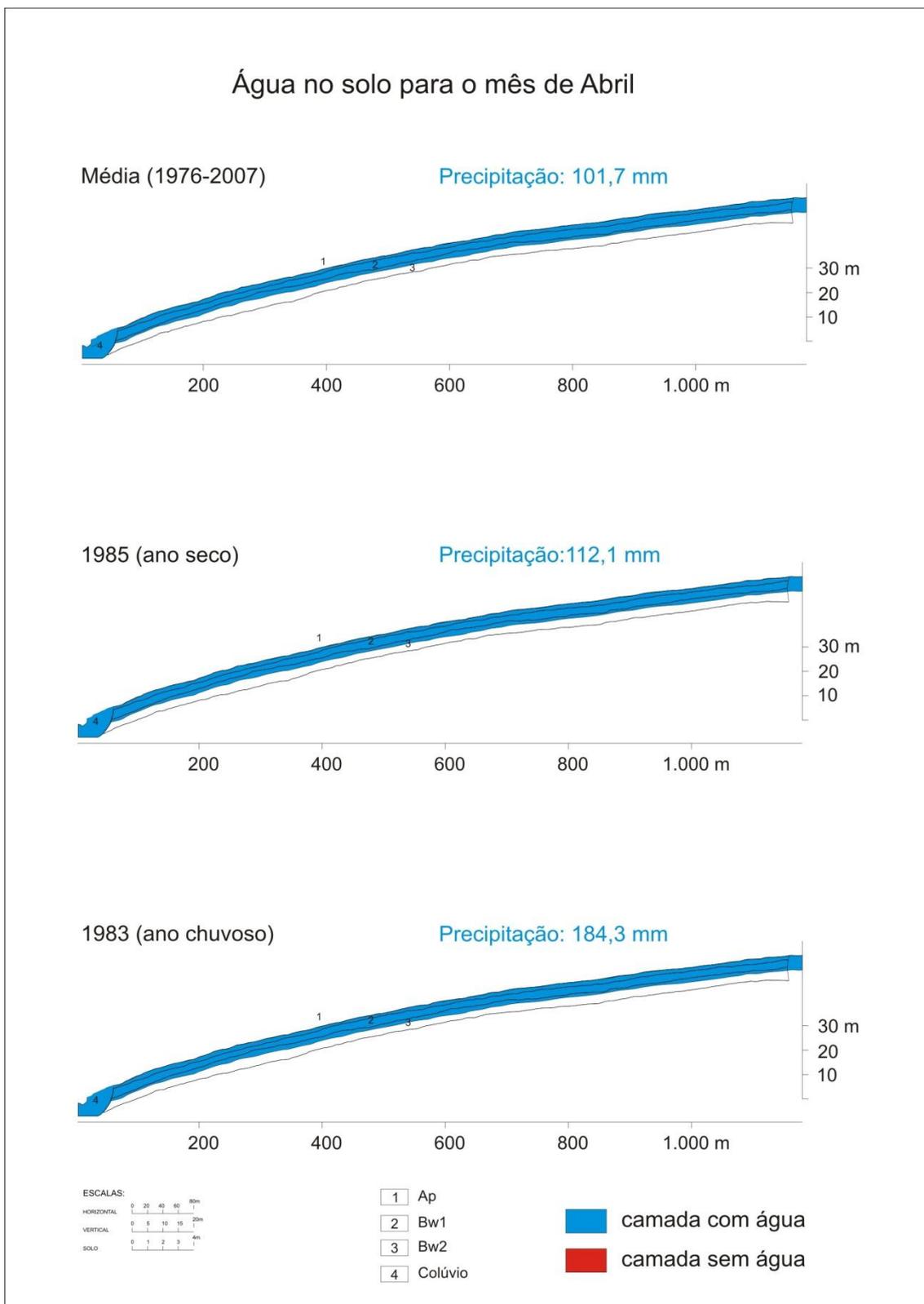


Figura 10: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de abril.
Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

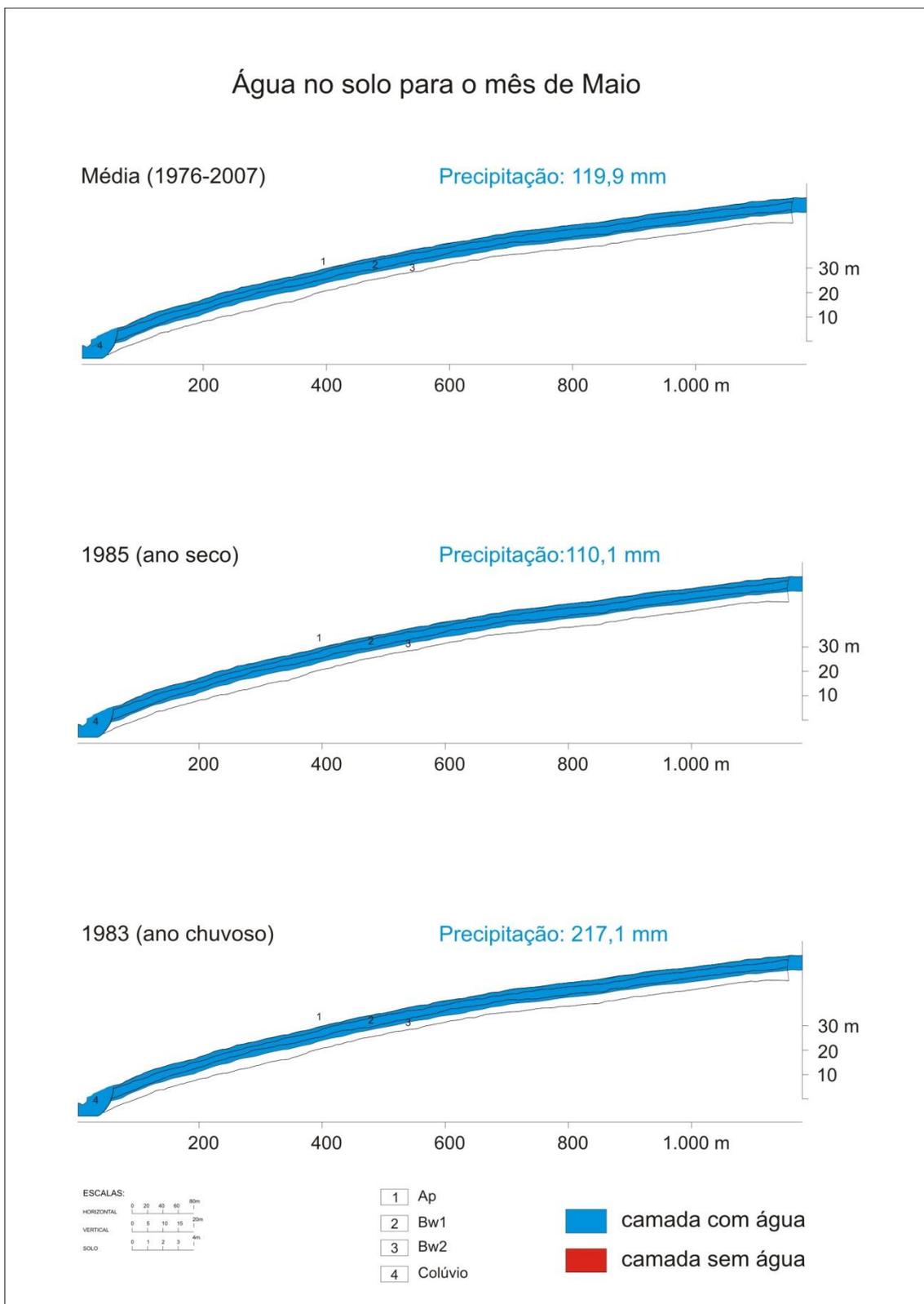


Figura 11: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de maio.

Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

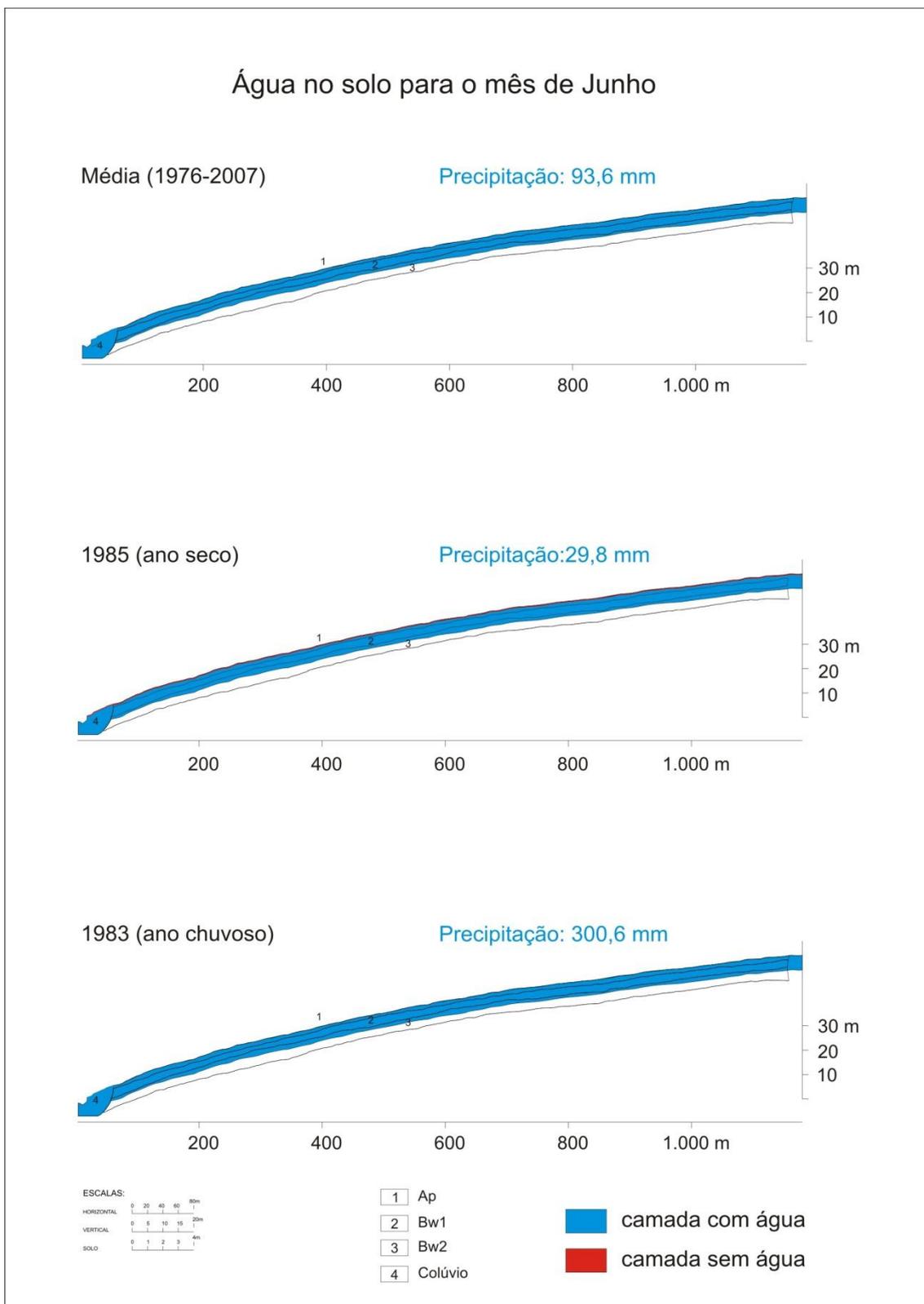


Figura 12: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de junho.
Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

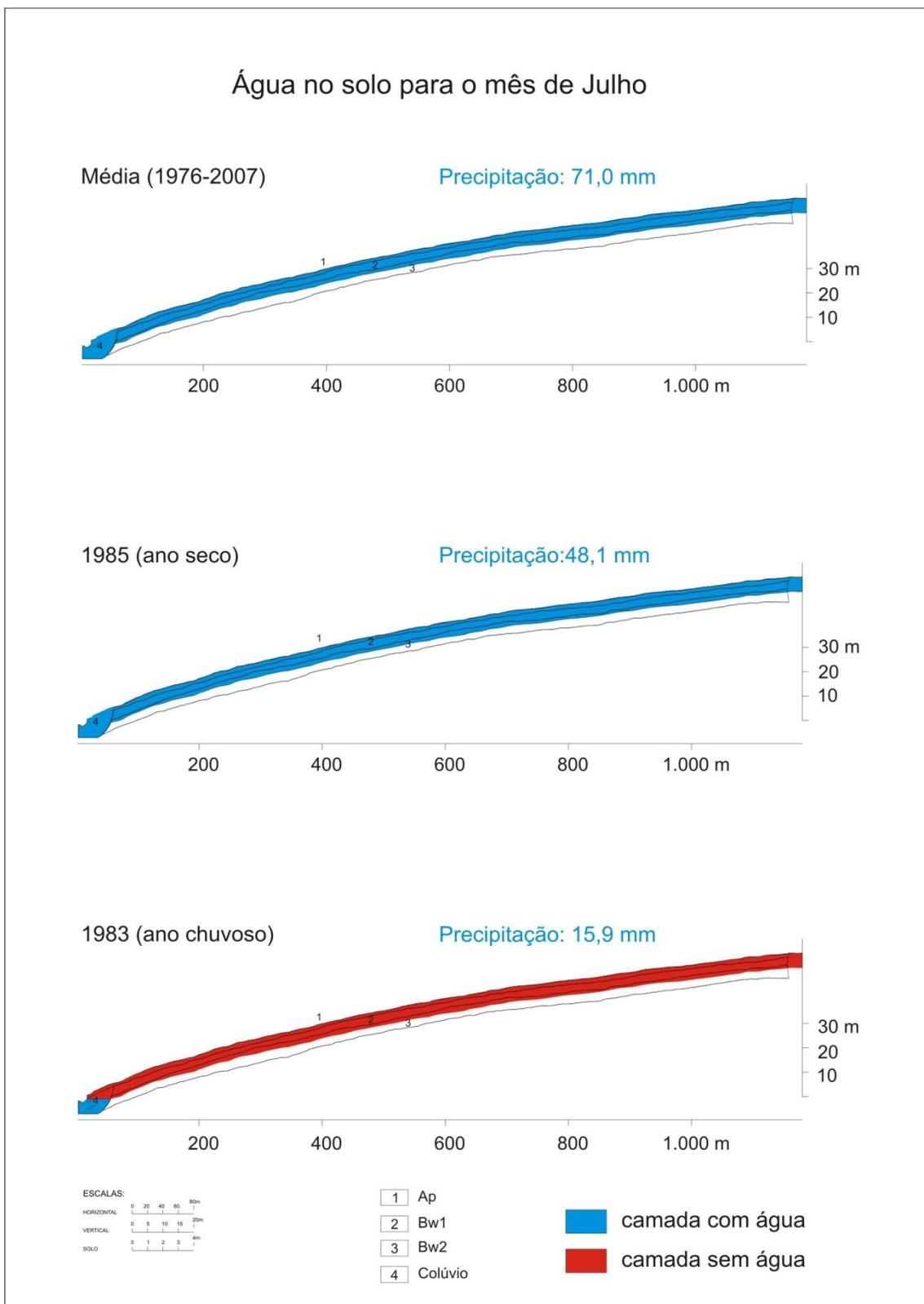


Figura 13: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de julho.
Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

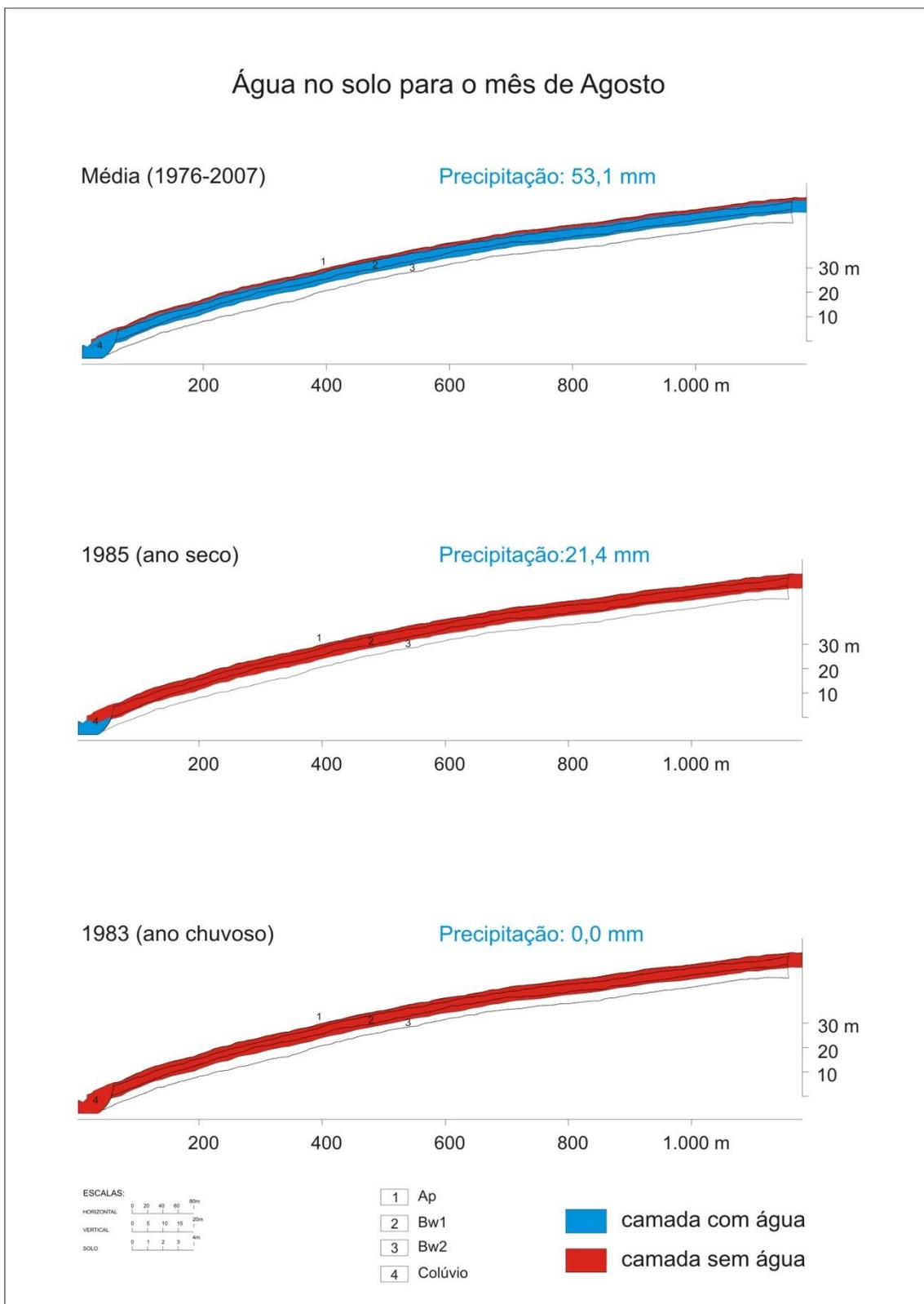


Figura 14: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de agosto.
Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

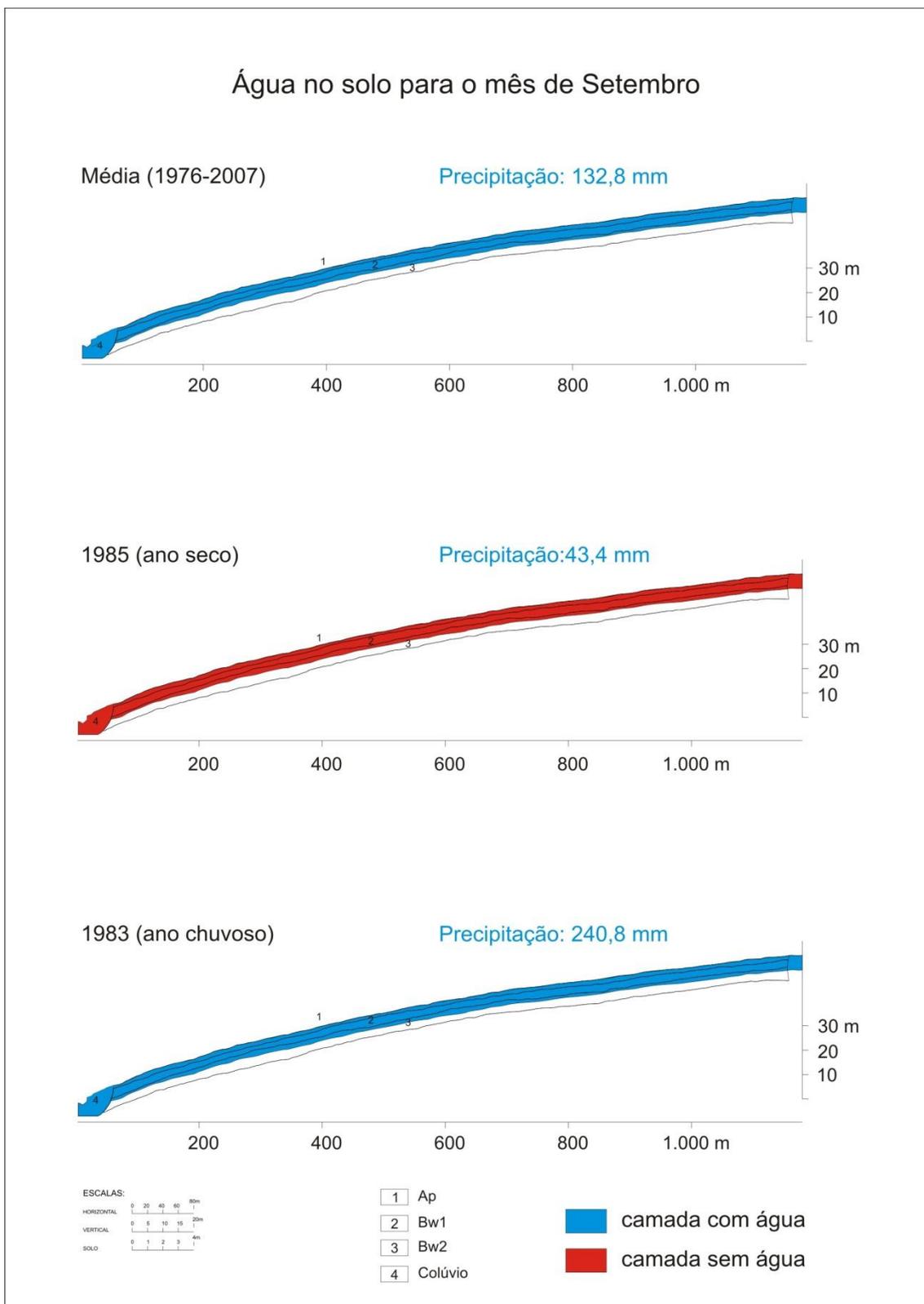


Figura 15: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de setembro.
Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

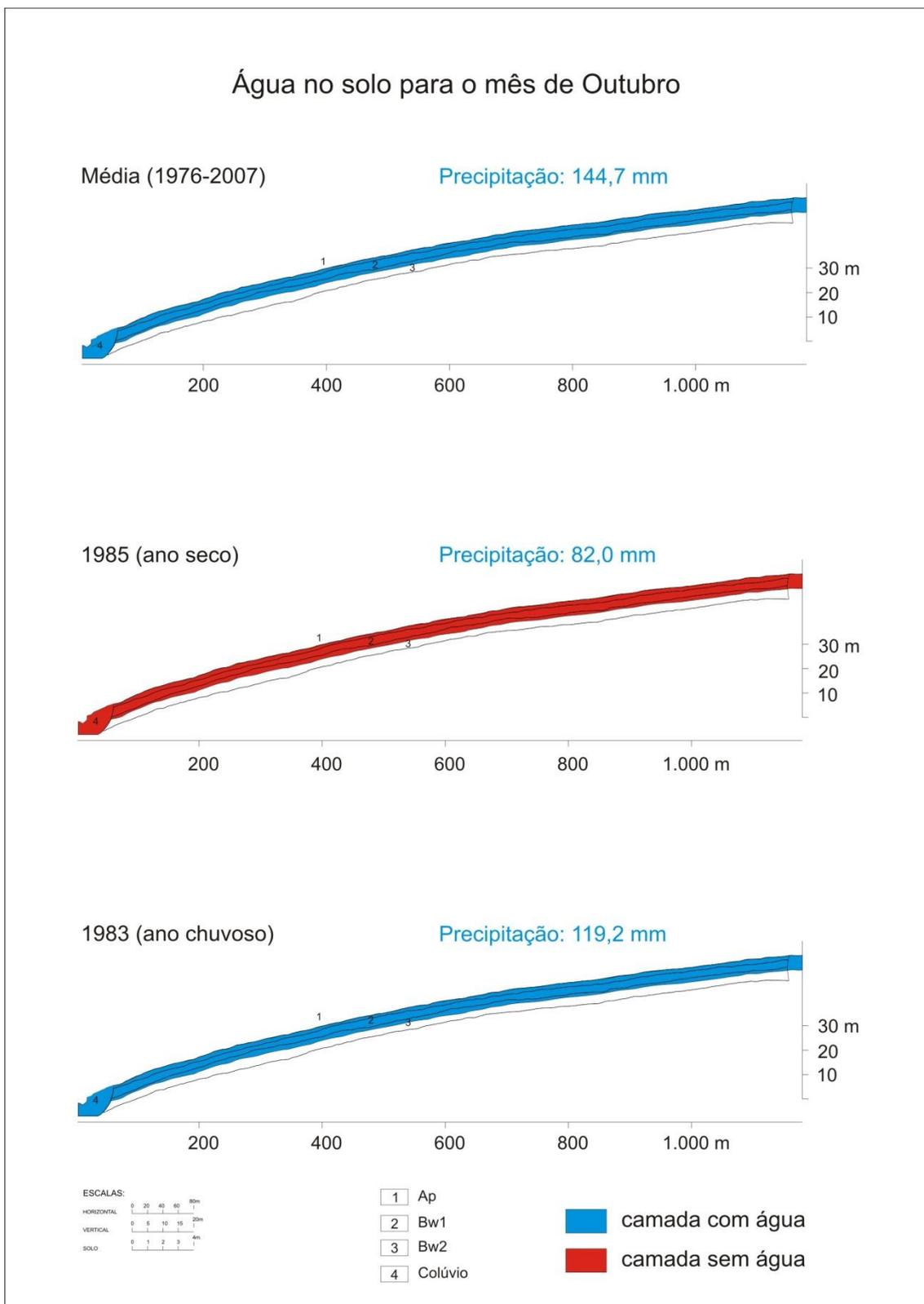


Figura 16: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de outubro.
Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

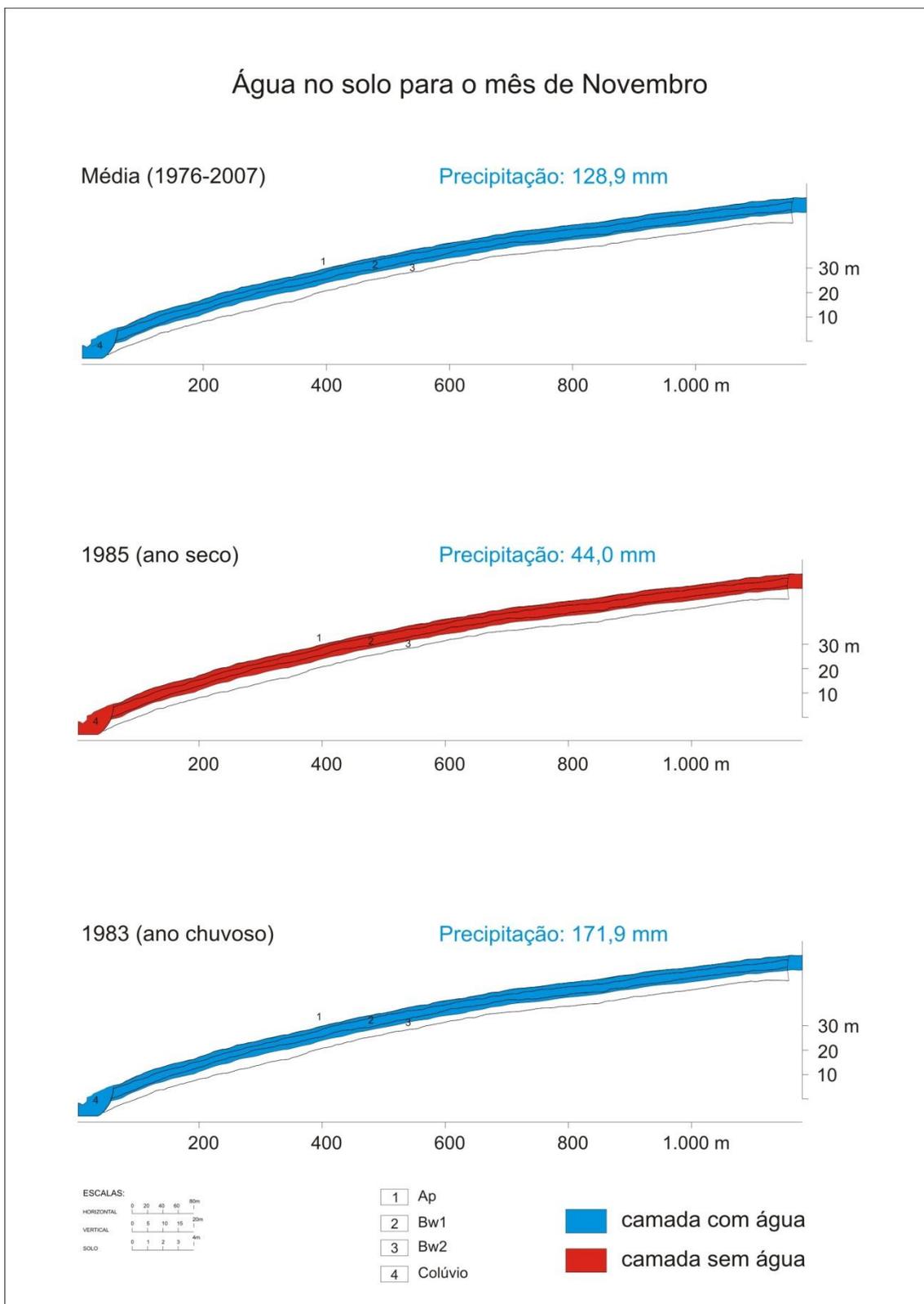


Figura 17: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de novembro.
Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

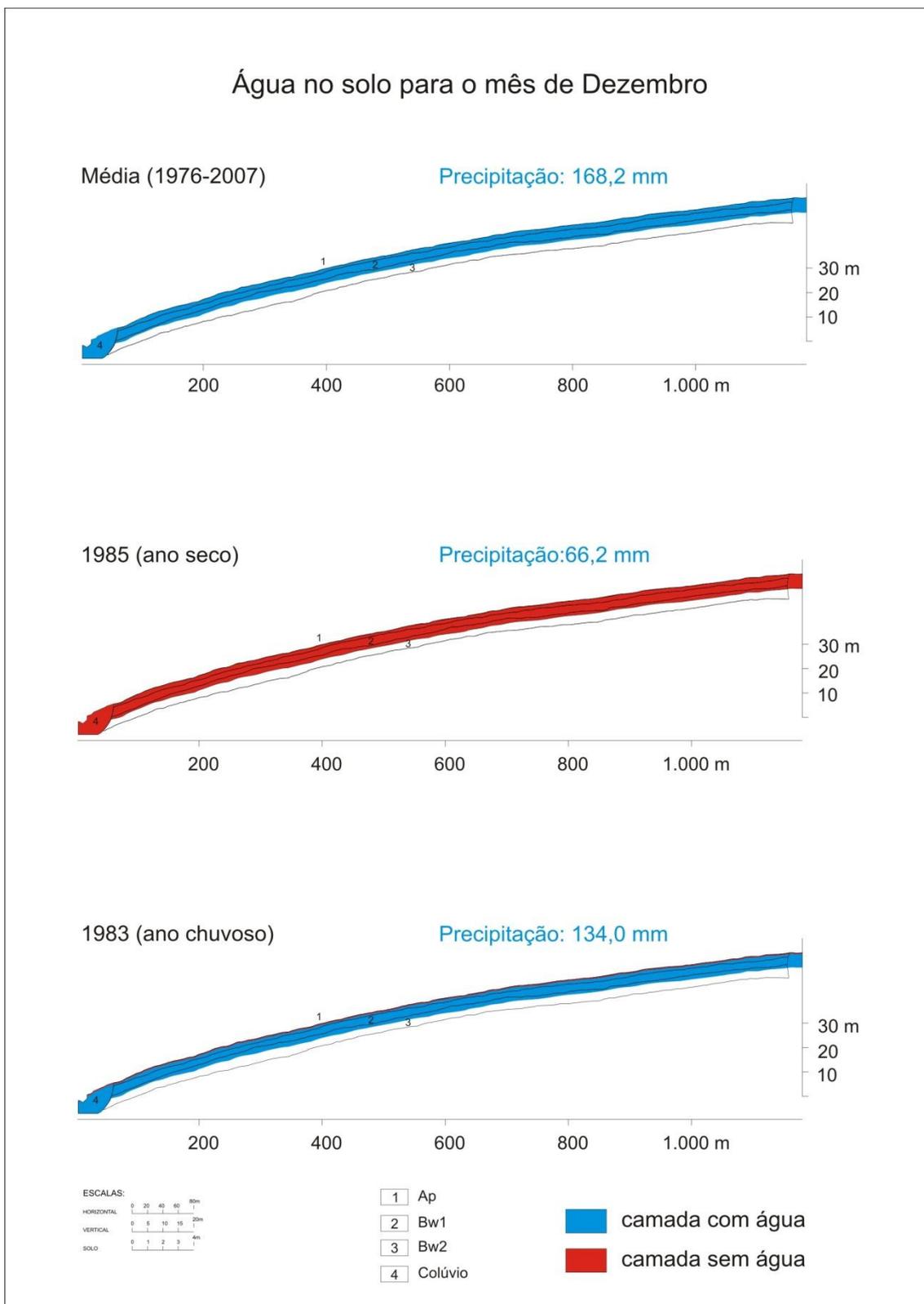


Figura 18: Representação gráfica da camada de água disponível para o mês de dezembro.

Elaboração: Nakashima, M. R., 2009.

Ambos os tipos de solo apresentam uma resposta bastante rápida à água precipitada, significando que um curto período sem chuvas já é o suficiente para que toda a camada de 120 cm fique sem água.

No mês de junho de 1985 (ano seco), observa-se que há uma redução nas lâminas d'água do Latossolo da ordem de 73mm, quando a precipitação foi de 29,8 mm e P - ETP foi de -7,6; enquanto no solo Neossolo Quartzarênico (coluvial), essa redução foi de 55 mm **figuras 5(A), 6(A) e 12.**

No mês de dezembro de 1983 (ano chuvoso), apesar da precipitação de 134 mm, quando a média para esse mês é de 168,2, houve redução nas lâminas d'água nos dois tipos de solo: 83 mm no Latossolo e 62 mm no solo Neossolo Quartzarênico (coluvial). Tal dado implica em afirmar que com o alto valor de ETP para o mês de dezembro (140,4 mm), uma pequena redução na quantidade de chuva já implica em deficiência hídrica **figuras 5(C), 6(C) e 18.**

Outro caso de rápida redução da quantidade de água disponível ocorre em fevereiro de 1983: precipitação de 99,6 mm (muito abaixo da média histórica de 148,2 mm) e ETP de 124,2 mm (acima da média, de 121,2 mm). A redução da lâmina d'água, neste caso foi de 640 mm para o Latossolo e 480 mm para o Neossolo Quartzarênico (coluvial), **figuras 5(C), 6(C) e 8.**

Essa relação se repete também na situação inversa, ou seja, o preenchimento do reservatório do solo após um período de seca ocorre rapidamente. No mês de julho de 1985, uma precipitação de 48,1 mm se mostrou suficiente para repor a água perdida no mês anterior, em ambos os tipos de solo **figuras 5(B), 6(B) e 13.**

Os dados de reposição de água são mais escassos, uma vez que a região, de maneira geral, apresenta um regime de chuvas com um período de menor quantidade coincidindo com os menores valores de ETP, uma vez que os meses menos chuvosos são aqueles de menores temperaturas e menor incidência de radiação solar.

Por outro lado, fica evidenciado pela análise dos anos seco e chuvoso que a série histórica não representa a realidade do que ocorre ano a ano. Tal constatação pode ser feita quando observamos que no ano de 1983 (chuvoso), ocorrem valores negativos de P – EP em quatro meses (fevereiro, julho, agosto e dezembro), **figuras 5(C) e 6(C)** e no ano de 1985 (seco), o reservatório se encontra completamente preenchido em 6 meses, e com um pequeno déficit no mês de junho para ambos os solos, Figuras 5(B) e 6(B).

Dessa forma, o estudo de caso se faz necessário, uma vez que a variação climática é natural, nem sempre representam valores semelhantes a média histórica.

Foi possível observar que o Neossolo Quartzarênico, apresenta um comportamento de menor velocidade de preenchimento da coluna de solo com água do

que o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Este resultado foge do esperado, uma vez que a capacidade de campo deste tipo de solo (72,2) é ligeiramente menor que a do Latossolo (74,9).

Em virtude deste resultado, torna-se imprescindível que se analise as possíveis causas dessa anomalia.

Primeiramente, deve-se ressaltar que os valores de capacidade de campo são bastante próximos, o que não representa dado fora do comum considerando que o Latossolo em questão apresenta valores altos de fração areia, variando de 76% a 83%, sendo, portanto, um solo bastante permeável.

A fração argila, nos horizontes latossólicos, tende a se cimentar, formando estruturas muito estáveis do tamanho das areias, o que acarreta em maior permeabilidade, uma vez que essas argilas passam a se comportar como areias, sendo denominadas de pseudo-areias. No que concerne a tal fato, Soares, et al. (2005), afirma que:

(...) a presença de microagregados que, de acordo com Sánches (1981), é favorecida pela ação dos óxidos de ferro, formando grânulos do tamanho das areias, o que deve ser motivo para os valores relativamente elevados de partículas na fração areia, ou de pseudo-areias.

Dessa forma, o simples fato da diferença entre os valores de capacidade de campo entre os dois solos deveriam, em tese, gerar dados que apontassem para uma menor permeabilidade do Latossolo quando comparado ao Neossolo Quartzarênico (coluvial), uma vez que foram utilizados dados de Areia Quartzosa Álica, com fração areia ainda superior à do solo coluvial levantado na topossequência Quintinho.

A explicação para este resultado, se encontra na análise da **Tabela 5**. O cálculo da camada de água é feito através da seguinte equação proposta por Ranzani (1971):

$$Ct = E_{acum} + (P - EP)_{acum} - h_{acum} / h / E$$

Deve-se notar que o último passo é uma divisão pelo valor de h/E. Uma vez que o valor de h/E é sempre um número decimal, a divisão por este denominador equivale a uma multiplicação: qualquer valor dividido por 0,1, por exemplo, é na verdade o mesmo valor multiplicado por 10.

No caso dos solos estudados, o valor de h/E do Latossolo (horizonte Bw1) é de 0,03, enquanto o da Neossolo Quartzarênico é de 0,04. Nota-se também que outros fatores da equação são muito próximos, incluindo o valor de h/E , que ao final da equação multiplica-se o valor de h_{acum} (camada de água disponível acumulada) por 300 no Latossolo e por 400 na Neossolo Quartzarênico.

Além disso, há interferência direta da espessura dos horizontes comparados. A quantidade de água acumulada no Neossolo Quartzarênico (coluvial), só passa a ser menor que a do Latossolo no final do reservatório 1,20 m. Como a metodologia de Ranzani (1971) preconiza que os valores utilizados para o primeiro mês de déficit ou excedente deve ser o do horizonte mais superficial, no segundo mês o do horizonte diretamente abaixo deste, ocorre que a capacidade de campo, na maior parte dos casos, é menor no Latossolo estudado. Dessa forma, o resultado fora do esperado, no caso da topossequência estudada se deve à proximidade dos valores da capacidade de campo e de h/E .

5. Considerações Finais

Com a aplicação do balanço hídrico proposto por Ranzani (1971), foi possível verificar a alta vulnerabilidade dos solos da topossequência Quintinho às condições de baixa precipitação pluviométrica. Os dois solos estudados respondem com uma velocidade rápida a pequenas variações na quantidade de chuvas, e ficam completamente secos ou completamente preenchidos em um curto período de seca ou chuva.

A opção por se estudar o comportamento da lâmina d'água em condições extremas (anos seco e chuvoso), demonstrou-se acertada, uma vez que os resultados obtidos demonstram que os valores médios da série histórica são suficientes para evitar condições de stress hídrico, e que tais valores não representam a realidade quando considerados os dados ano a ano.

A rápida resposta dos solos estudados aos períodos de pequenos *déficits* hídricos é preocupante do ponto de vista edafológico, uma vez que considerando a variabilidade climática, estes períodos podem ocorrer em qualquer época do ano, e tendem a ocorrer nos meses mais secos (junho julho e agosto). Mesmo nos meses mais chuvosos, podem ocorrer situações de falta de água no solo, por conta da alta taxa de evapotranspiração, como foi o caso do mês de dezembro de 1983, quando a precipitação foi de 134 mm e houve redução de 62mm na lâmina d'água.

Dessa forma, o planejamento agrícola de regiões com solos textura média e arenosa e muito permeáveis devem ser pensados com atenção redobrada, uma vez que estes solos podem ser considerados como “pouco resistentes” aos períodos secos, ainda que curtos e com quantidade não tão pequena de chuvas. Considera-se, portanto, que estudos dessa natureza são importantes para o planejamento das atividades agrícolas de regiões com cobertura de solos permeáveis; e que outros estudos devam ser realizados em diferentes escalas temporais para que se entenda melhor o comportamento da água, uma vez que um mês chuvoso pode ter chuvas concentradas em poucos dias seguidos de vários dias secos, e certamente solos com capacidade de campo tão baixos reagem em poucos dias às situações de pequena precipitação.

Portanto sugere-se que a metodologia deste trabalho seja aperfeiçoada, passando a considerar os fluxos laterais de água ao longo de uma vertente. Na metodologia aqui

empregada, considera-se apenas a infiltração vertical da água, o que certamente representa distorções crescentes em direção à jusante.

Referências bibliográficas

BÓLOS, M. **Manual de Ciência del paisaje - teoría, métodos y aplicaciones**. Masson, Sa. Barcelona. 1992. 273p.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e cartografia. In: **A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: XXI Congresso de Ciência do Solo, 1988.

BRAIDO, L. M. H. Proposta de caracterização edafoclimática para determinar o risco de quebra de safra na bacia do Paranapanema III - PR. **Monografia de bacharelado**. Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2006, 39p.

COREL CORPORATION. *CorelDRAW*. Versão 12. [S.I.]: COREL CORPORATION, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA DE SOLOS (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

_____. **Curvas de retenção de umidade de solos do Norte de Minas Gerais, área de atuação da Sudene**. Boletim de pesquisa nº 4. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1982. 19 p.

_____. **Disponibilidade de água de solos do Norte de Minas Gerais, área de atuação da Sudene**. Boletim de pesquisa nº 8. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1982. 19 p.

ESPÍNDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a Pedologia, um repasse bibliográfico**. Editora Unicamp. Campinas, 2008. 400p.

FARIA, R.T.; CARAMORI, P.H. Caracterização físico-hídrica de um Latossolo Roxo distrófico domunicípiodeLondrina,PR.**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.21, n.12, p.1303-1311, 1986.

FREIRE, J. C. ; RIBEIRO, M. A. V. ; BAHIA, V. G. ; LOPES, A. S. ; DE AQUINO, L. H. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4 (1), p.5-8, 1980.

GASPARETTO, N. V. L. ; NAKASHIMA, P. ; NÓBREGA, M. T. Caracterização do meio físico ; subsídios para o planejamento urbano e periurbano. Convênio FAMEPAR-SUCEAM/DGE-UEM. Relatório final, p. 42.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Unidade Territorial: 4118402 – Paranavaí-PR.

Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/territorio/infounit.asp?codunit=4088&z=t&o=4&i=P>>. Acesso em: 12 de julho. 2009.

_____. *Mapa de vegetação do Brasil*. Escala 1:5.000.000. 3ª. Edição, 2004.

Disponível em:

<ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/vegetacao_pdf.zip>. Acesso em: 15 de junho. 2009.

JUHÁSZ, C. E. P. ; CURSI, P. R. ; COOPER, M. ; RODRIGUES, R. R. Dinâmica físico-hídrica de solos sob savana florestada (cerradão) em Assis-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.401-412, 2006.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 178 p.

MONTEIRO, C. A. F. **O Clima e a Organização do Espaço no Estado de São Paulo: Problemas e Perspectivas**. Instituto de Geografia da USP, Ed: USP, Série Teses e Monografias, nº 28, 1976, p. 86.

MOURA, M. V. T.; MARQUES JUNIOR, S.; BOTREL, T. A.; FRIZONE, J. A. Estimativa do consumo de água na cultura da cenoura (*Daucus carota*, L.) v. Nantes Superior, para a região de Piracicaba, através do método do balanço hídrico. **Scientia Agricola**. Nº 51 (2). Piracicaba, p.284-291, 1994.

MOUKARZEL, P.Z.; COSTA, P. C.; ANDRADE, R. J.; FREIRE, J. C. **Armazenamento de água em Latossolo Roxo Distrofício sob pastagem e cultivo anual**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.19, n.11, p. 1395-1401, nov. 1984.

NAKASHIMA, P. Sistemas pedológicos da região Noroeste do Paraná: distribuição e subsídios para o controle da erosão. Vol. I e II. **Tese Doutorado em Geografia Física**. Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, 1999, 200p.

POPP, J. H.; BIGARELLA, J. J. **Formações cenozoicas do noroeste do Paraná**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 47, p. 465-472, 1985.

RANZANI, G. **Marcha anual da água disponível no Solo**. ESALQ/USP, Centro de Estudos dos Solos, Piracicaba, São Paulo, 1971, 14 p.

SANTOS, M. L.; CLEPS JUNIOR, J.; NAKASHIMA, P.; FERREIRA, N. C.; GASPARETTO, N. V. L.; TEIXEIRA, W. Degradação ambiental no Noroeste do estado do Paraná. 3º encontro nacional de estudo sobre meio ambiente. Boletim de Geografia, Maringá, 1991. 57 p.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTACEIMENTO; INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTAS; GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Atlas do Estado do Paraná. Curitiba, 1987. 73 p.

SOARES, J. L. N.; ESPÍNDOLA, C. R.; CASTRO, S. S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29 (6), 2005.

THORNTWAITE, C. W.; MATHER, J.R. **The water balance climatology**. Centerion, 1955, v.8, nº. 1, p.1-86.

WINTER, E. G. **A água, o solo e a planta**. Edusp: São Paulo 1976. 170p.

ZANDONADI, L. Proposta de caracterização edafoclimática para determinar o risco de quebra de safra na bacia do Paranapanema IV - PR. **Monografia de bacharelado**. Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2006, 32p.