



CLASSIFICAÇÃO HIDROLÓGICA DOS SOLOS DAS UNIDADES DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS 20, 21 E 22 DE ACORDO COM O MÉTODO DO NÚMERO DA CURVA (CN)¹

Aline Aparecida dos Santos ²
Paulo Cesar Rocha ³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo classificar os solos das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) 20, 21 e 22 quanto sua condição hidrológica a partir do método do Número da Curva (CN). As informações sobre os tipos de solo foram extraídas do mapa de solos do Estado de São Paulo e reclassificadas pela metodologia dos Grupos Hidrológicos de Solo (GHS) em um software de Sistema de Informação Geográfica. Verificou-se que, em geral, predominam solos com capacidade de infiltração baixa nas UGRHIs 20, 21 e 22, mas também há a ocorrência significativa de solos do grupo A, caracterizados pela alta taxa de infiltração.

Palavras-chave: Grupos Hidrológicos de Solo; Curva Número; Modelo Hidrológico.

ABSTRACT

The aim of this work study is to classify soils of the Water Resources Management Units (WRMUs) 20, 21 and 22 according to their hydrological condition using the Curve Number method (CN). The information about the soil type was extracted from soil map of the São Paulo state and reclassified by the Hydrologic Soil Groups (HSGs) methodology in a Geographic Information System (GIS). In general in WRMUs 20, 21 and 22 soils with low infiltration capacity predominate, but there is also significant occurrence of group A soils, characterized by high infiltration rate.

Keywords: Hydrologic Soil Groups; Curve Number; Hydrological Model.

INTRODUÇÃO

Á água é essencial para a manutenção da vida na terra e, da mesma forma, necessária para o desenvolvimento social e econômico de um país. Sendo a água um recurso natural limitado, a preocupação com sua preservação cresceu ao longo dos anos, diante da intensificação das intervenções diretas e indiretas nos recursos hídricos.

Rennó; Soares (2000), destacam que o monitoramento de uma bacia hidrográfica pode fornecer indicações de alterações positivas ou negativas que estejam ocorrendo nos recursos hídricos em função de práticas de manejo. Neste sentido, modelos hidrológicos são ferramentas para compreender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever diferentes situações das observadas (TUCCI, 1998).

¹ Trabalho financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

² Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente – FCT/UNESP, aline.ap.as@gmail.com

³ Professor Assistente Doutor do Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente – FCT/UNESP, paulo-cesar.rocha@unesp.br



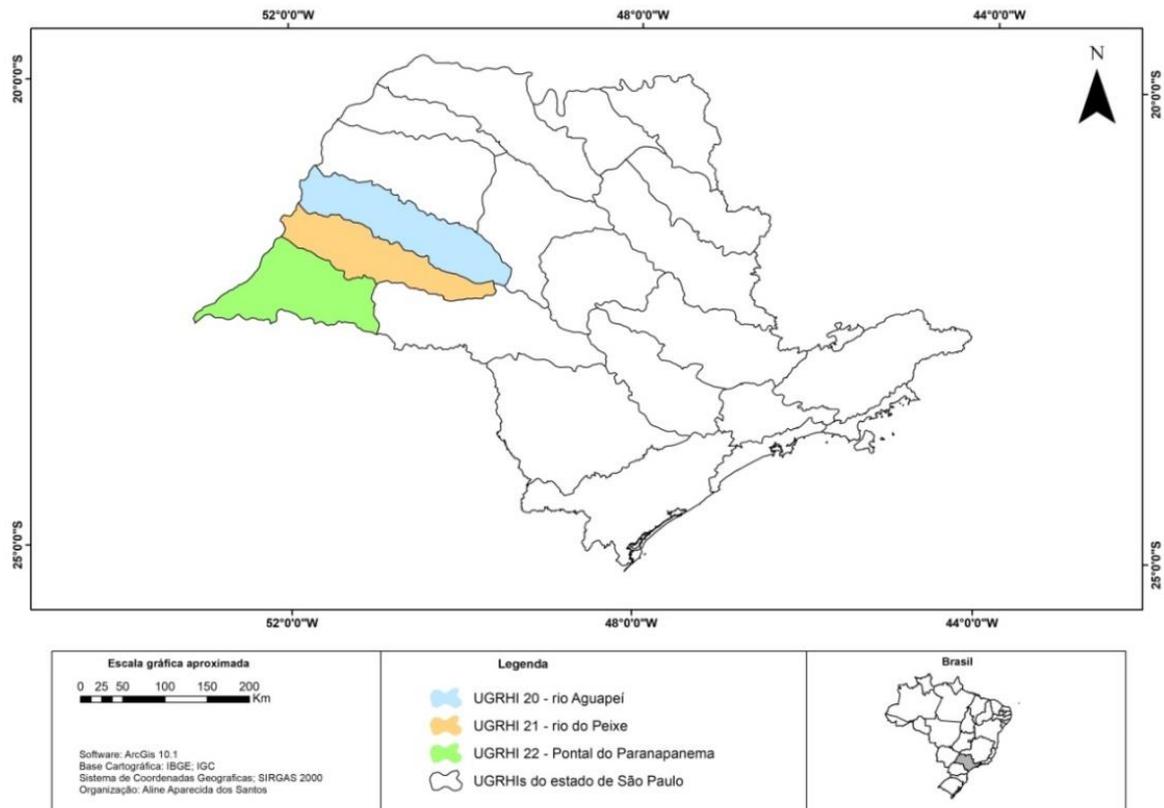
O método do Número da Curva (Curve Number), ou método CN, é um método bem estabelecido na hidrologia (PONCE; HAWKINS, 1996), comumente utilizado para estimar o escoamento superficial. Para a aplicação do método, são necessários dados de chuva e informações relacionadas ao complexo hidrológico solo-vegetação, este que considera o uso, manejo, a umidade inicial e a condição hidrológica do solo (PRUSKI; GRIEBELER; SILVA, 2001).

Do ponto de vista hidrológico, os solos podem ser analisados de acordo com a sua capacidade de infiltração. A capacidade de infiltração do solo, associada ao volume e intensidade da chuva, são fundamentais para determinar a quantidade de água que irá escoar pela vertente (BOTELHO; SILVA, 2010). Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo classificar os solos das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) 20, 21 e 22 quanto sua condição hidrológica a partir do método CN. Assim, o trabalho visa diagnosticar a situação dos solos da área de estudo no que se refere a capacidade de infiltração e resistência a processos erosivos.

As UGRHIs 20, 21 e 22 estão localizadas no oeste do estado de São Paulo (figura 1). As UGRHI 20 e 21 são unidades de gerenciamento contíguas, que compreendem a região hidrográfica dos Rios Aguapeí (UGRHI 20) e Peixe (UGRHI 21). A UGRHI 22, Pontal do Paranapanema, compreende parte da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, situada na vertente paulista.



Figura 1 - Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos 20, 21 e 22.



Segundo Boin (2000), os solos do Oeste Paulista têm gênese de rochas areníticas do Grupo Bauru e de rochas básicas do Grupo São Bento (Serra Geral). Nas UGRHI 20, 21 e 22 predominam os Argissolos Vermelho-Amarelos e os Latossolos Vermelhos (CPTI, 1999). Os Argissolos apresentam textura média ou arenosa em superfície e, em sua maioria, são solos profundos a muito profundos, com boa drenagem (SARTORI et al, 2005; IBGE 2007). Já os Latossolos caracterizam-se por serem solos muito intemperizados, profundos e com boa drenagem (IBGE, 2007).

REFERENCIAL TEÓRICO

Entende-se por infiltração o processo de penetração da água pelas camadas superficiais do solo. A água da chuva que não é interceptada pela cobertura vegetal atinge a superfície e inicia, pelo processo de gravidade, a passagem pelos poros do solo (STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). A capacidade de infiltração, por sua vez, é a quantidade (taxa) máxima de água que um solo, sob uma determinada condição, pode absorver (VILLELA; MATTOS, 1975).



Segundo PAZ (2004), a capacidade de infiltração varia de acordo com a porosidade, tamanho e arranjo das partículas do solo. De acordo com o autor, a capacidade do solo de infiltrar a água em uma bacia hidrográfica varia espacialmente, considerando que a unidade é composta por diferentes tipos de solo.

A metodologia dos Grupos Hidrológicos de Solo agrupa os solos em quatro grandes grupos de acordo com sua capacidade de infiltração e a produção de escoamento (SARTORI, 2004). A metodologia foi elaborada pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS) dos Estados Unidos e compõe parte do método do Número da Curva.

Sartori; Neto; Genovez (2005), elaboraram uma proposta de classificação hidrológica para os solos brasileiros, considerando as características dos solos que condicionam o escoamento superficial e a erosão. Desta maneira, os solos são classificados de acordo com sua profundidade, textura, razão textural entre o horizonte superficial e subsuperficial, e a permeabilidade dos solos influenciada pela sua porosidade e pela atividade da argila (SARTORI; NETO; GENOVEZ, 2005).

O quadro 1 apresenta classificação dos Grupos Hidrológicos de Solo para solos brasileiros:

Quadro 1 – Grupos hidrológicos de solos

Grupos Hidrológicos de Solo (GHS)	Características
Grupo A	Compreende os solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração
Grupo B	Compreende os solos contendo moderada taxa de infiltração
Grupo C	Compreende os solos contendo baixa taxa de infiltração
Grupo D	Compreende os solos que possuem alto potencial de escoamento, tendo uma taxa de infiltração muito baixa.

Fonte: adaptado de Sartori; Lombardi Neto; Genovez (2005). **Organização:** os autores.

No método do Número da Curva, a combinação das classes de GHS e as classes de uso e cobertura da terra gera o complexo solo-vegetação (MOCKUS, 2004). O complexo solo-vegetação, por sua vez, é utilizado para determinar o parâmetro CN do escoamento superficial, parâmetro associado com a impermeabilidade do solo.

METODOLOGIA

As informações sobre os tipos de solos utilizadas no trabalho foram extraídas do mapa de solos do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2017) na escala 1:250.000. O mapa foi obtido a partir da base de dados do Sistema Ambiental Paulista (DataGeo).



Foi realizada a reclassificação dos tipos de solos para as classes inseridas dentro do GHS. Para tanto, os mapas de solos foram reclassificados de acordo com a proposta de Sartori; Neto; Genovez (2005) assim como apresenta o quadro 2:

Quadro 2 - Classificação hidrológica do solo para condições brasileiras

Grupos Hidrológicos de Solo
<p>Grupo A</p> <p>Solos muito profundos (prof. > 200 cm) ou profundos (100 a 200 cm); Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão; Solos porosos com baixo gradiente textural (< 1,20); Solos de textura média; Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil; Solos bem drenados ou excessivamente drenados; Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1; A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa</p>
<p>Grupo B</p> <p>Solos profundos (100 a 200 cm); Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão; Solos porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50; Solos de textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média com horizonte superficial arenoso; Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo o perfil; Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1; A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/arenosa, arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa.</p>
<p>Grupo C</p> <p>Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm); Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão; São solos com gradiente textural maior que 1,50 e comumente apresentam mudança textural abrupta; Solos associados a argila de atividade baixa (Tb); A textura nos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/média e média/argilosa apresentando mudança textural abrupta; arenosa/argilosa e arenosa/muito argilosa.</p>
<p>Grupo D</p> <p>Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância a erosão; Solos rasos (prof. < 50 cm); Solos pouco profundos associados à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta), minerais de argila 2:1; Solos argilosos associados à argila de atividade alta (Ta); Solos orgânicos.</p>

Fonte: SARTORI; LOMBARDI NETO; GENOVEZ (2005, p.12)

Baseada na proposta, a reclassificação dos solos das UGRHI 20, UGRHI 21 e UGRHI 22 foram estabelecidas considerando as características dos tipos de solos. O quadro 2 apresenta as classes de solo da área de estudo e a reclassificação quanto aos grupos hidrológicos de solos:



Quadro 3 – Classificação dos Grupos Hidrológicos de Solo para as UGRHIs 20, 21 e 22

Tipo de solo	GHS
Argissolos Vermelhos	C
Argissolos Vermelho-Amarelos	C
Latossolos Vermelhos	A
Latossolos Vermelho-Amarelos	A
Planossolos Háplicos	D
Neossolos Flúvicos	C
Neossolos Litólicos	D
Neossolos Quartzarênicos	B
Nitossolos Vermelhos	B
Gleissolos Háplicos	D

Fonte: SÃO PAULO (2017). **Organização:** os autores.

A espacialização das informações foi realizada em um software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), o QGIS 3.22, e representadas a partir da elaboração de mapas temáticos. Utilizou-se o SIG também para a extração dos dados quantitativos. Já para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado um software de criação de planilhas, o LibreOffice Calc.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observou-se que na UGRHI 20 predominam solos do grupo C, abrangendo 73% da área de estudo (quadro 4). A ocorrência desse grupo está associado a predominância dos Argissolos Vermelho-Amarelos na bacia hidrográfica, além da presença dos Argissolos Vermelhos e Neossolos Flúvicos. Assim, a UGRHI abrange predominantemente solos com baixa taxa de infiltração.

Verificou-se a presença de solos do grupo A em 20% da bacia hidrográfica do Rio Aguapeí, devido a ocorrência de Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelos na área. 7% da área da UGRHI 20 é composta por solos do grupo D, em função da presença dos Planossolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Gleissolos Háplicos.

Quadro 4 – Grupos hidrológicos de solo na UGRHI 20

GHS	Características	Área (km²)	Percentual (%)
A	Taxa de infiltração alta	2624,58	20
B	Taxa de infiltração média	0	0
C	Taxa de infiltração baixa	9366,81	73
D	Taxa de infiltração muito baixa	910,86	7

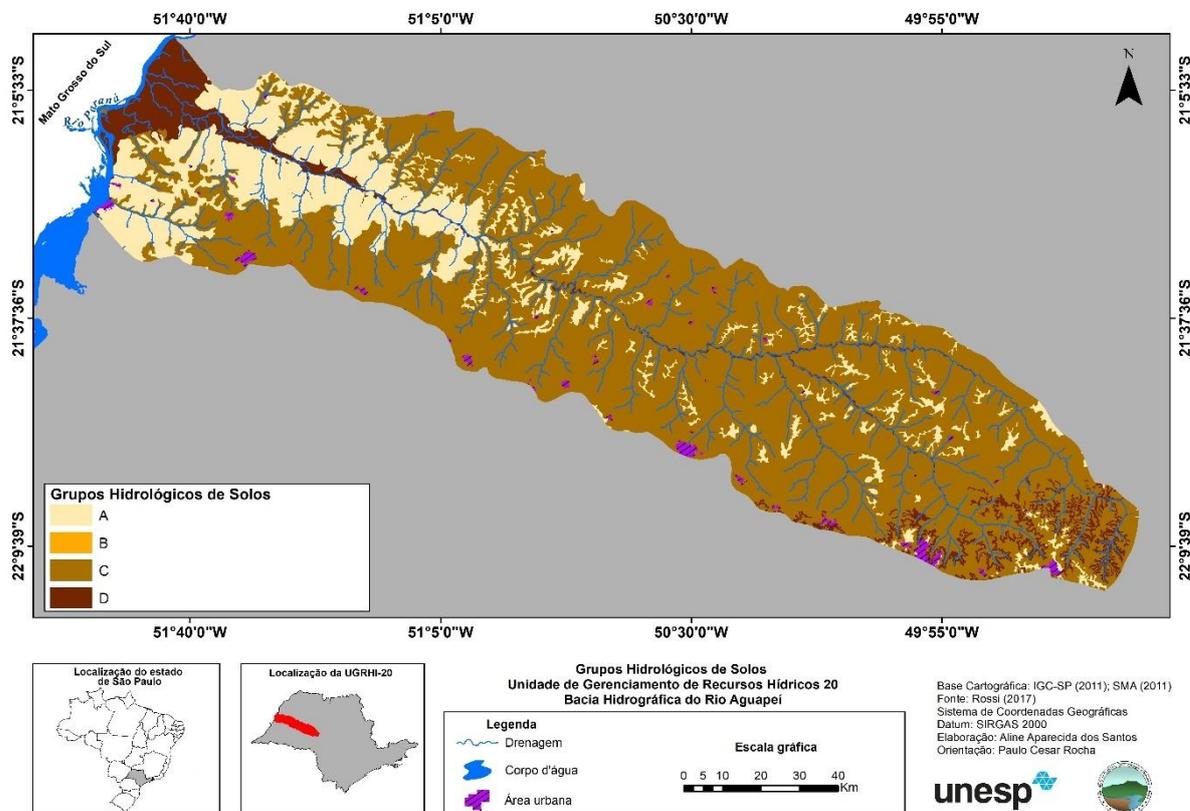
Organização: os autores.

Os solos com baixa taxa de infiltração estão distribuídos pela porção nordeste, sudeste e leste da UGRHI 20 (figura 2). Os solos com alta capacidade de infiltração ocorrem no oeste



da área de estudo, onde encontram-se também os solos com taxa muito baixa de infiltração (grupo de solos D).

Figura 2 – Distribuição dos Grupos Hidrológicos de Solos na UGRHI 20



No que se refere a UGRHI 21, observou-se o predomínio de solos do grupo C, conforme o quadro 5 apresenta. Os solos do grupo C abrangem 78% da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, demonstrando assim o predomínio de solos com baixa taxa de infiltração. Os solos do grupo C ocorrem na UGHRI em função da presença dos Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelhos.

Solos do grupo A, caracterizados pela alta taxa de infiltração, ocorrem em 16% da UGRHI 21, estando associados aos Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos.

Quadro 5 – Grupos hidrológicos de solo na UGRHI 21

GHS	Características	Área (km ²)	Percentual (%)
A	Taxa de infiltração alta	1693,87	16
B	Taxa de infiltração média	27,32	0,3
C	Taxa de infiltração baixa	8173,40	78
D	Taxa de infiltração muito baixa	540,08	5

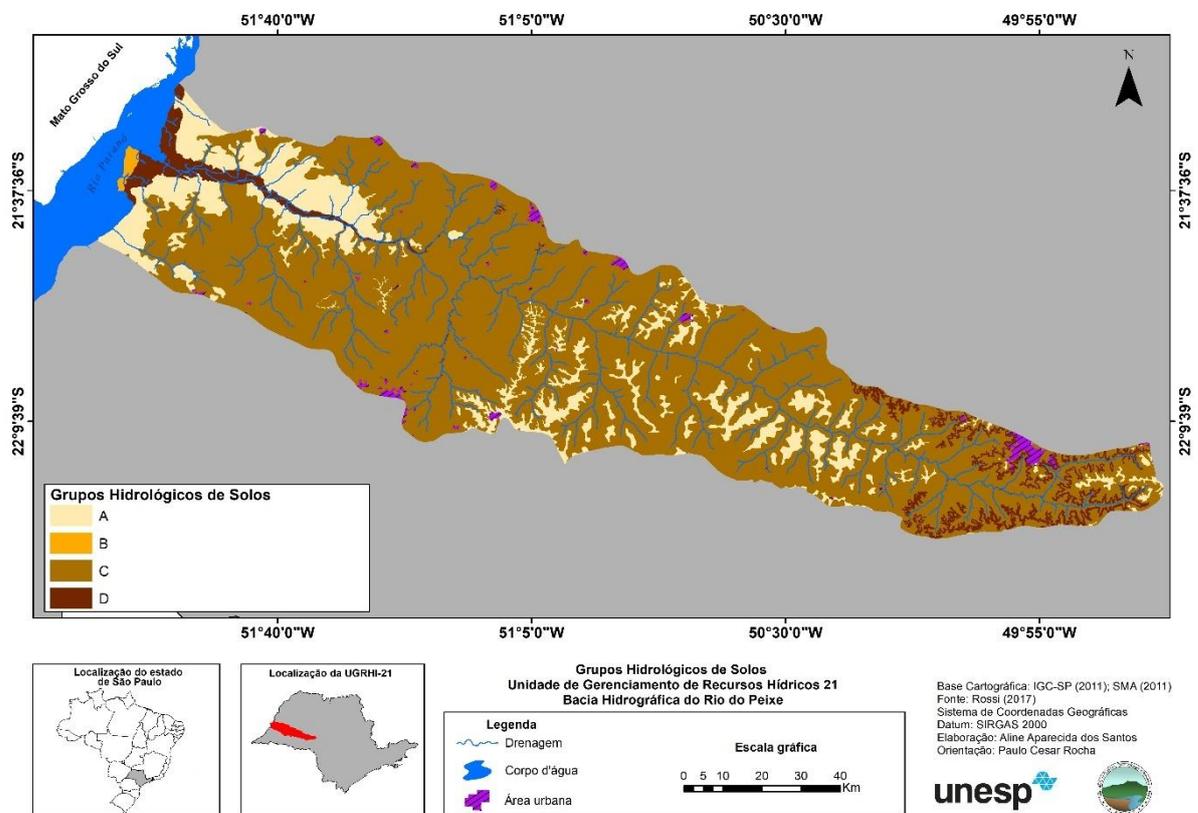
Organização: os autores.



Verificou-se que 5% da área da bacia hidrográfica abrange solos do grupo D, em decorrência da presença dos Gleissolos Háplicos, Neossolos Litólicos e Planossolos Háplicos. Em 0,3% da área da UGRHI 21 ocorrem grupos de solo B, estes associados a ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos.

A distribuição dos solos com baixa capacidade de infiltração e baixa resistência a processos erosivos ocorre de maneira homogênea por toda a UGRHI 21, exceto na porção noroeste da área, onde ocorrem os solos com capacidade alta, média e muito baixa de infiltração (figura 3).

Figura 3 – Distribuição dos Grupos Hidrológicos de Solos na UGRHI 21



Na UGRHI 22, observou-se a predominância dos grupos de solo C e A, assim como demonstra o quadro 6. O grupo C abrange 54% da área da UGRHI, enquanto o grupo A constitui 42% da área. Os solos do grupo C estão associados a presença dos Argissolos Vermelho-Amarelos e os Neossolos Flúvicos, enquanto os solos do grupo A ocorrem em função da presença de Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos.

Desta maneira, verificou-se que predominam solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência a processos erosivos no Pontal do Paranapanema, assim como ocorrência significativa de áreas com solos com alta taxa de infiltração e resistência a processos erosivos.



Em 2% da área da UGRHI 22 ocorrem solos do grupo B, devido a presença dos Nitossolos Vermelhos e os Neossolos Quartzarênicos. Solos do grupo D compreendem 2% da área do Pontal do Paranapanema, em decorrência dos Gleissolos Háplicos e os Neossolos Litólicos presentes na área.

Quadro 6 – Grupos hidrológicos de solo na UGRHI 22

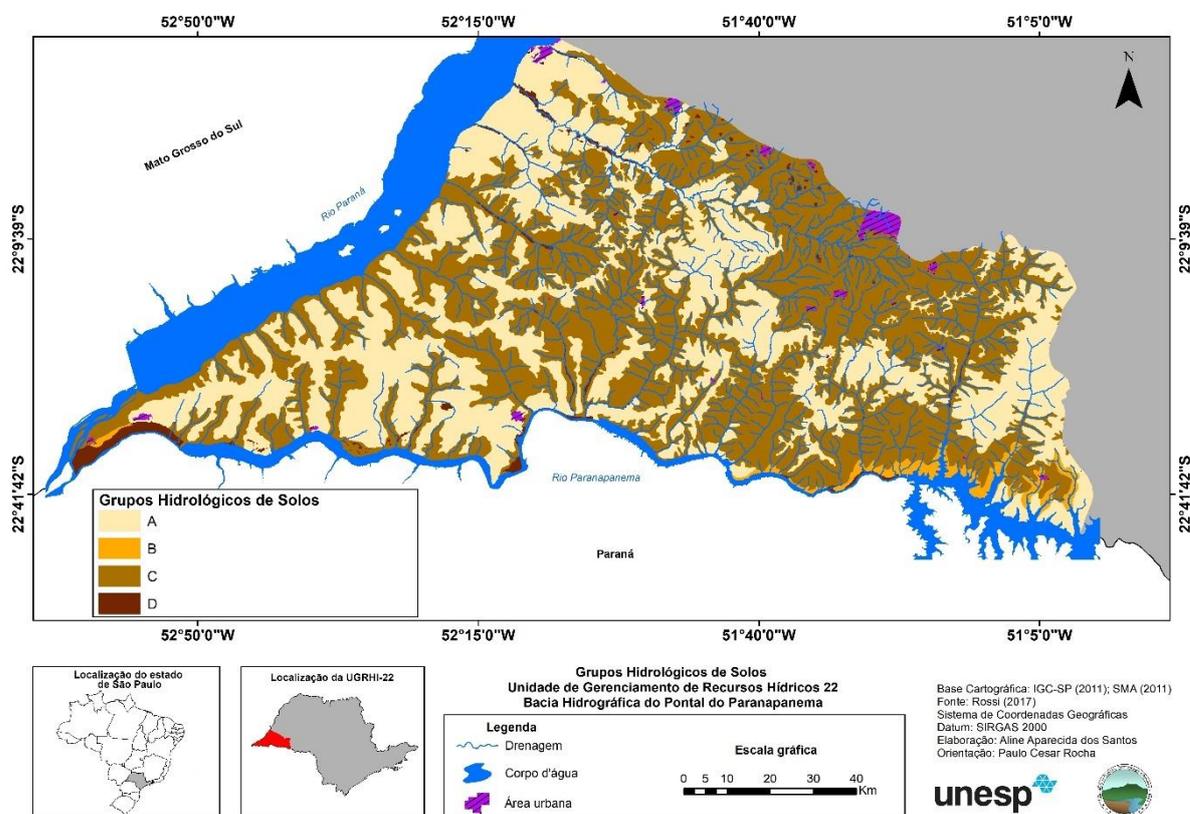
GHS	Características	Área (km ²)	Percentual (%)
A	Taxa de infiltração alta	4952,25	42
B	Taxa de infiltração média	193,23	2
C	Taxa de infiltração baixa	6336,16	54
D	Taxa de infiltração muito baixa	281,13	2

Organização: os autores.

Os solos com baixa capacidade de infiltração ocorrem predominantemente na porção nordeste e sudeste da UGRHI (figura 4). Já os solos com alta taxa de infiltração encontram-se predominantemente no norte, leste e sudoeste da área de estudo.

Solos com taxa de infiltração muito baixa (grupo de solos D) ocorrem em áreas próximas aos cursos de água, enquanto solos com média taxa de infiltração (grupo de solos B) ocorrem na porção sudeste da UGRHI.

Figura 4 – Distribuição dos Grupos Hidrológicos de Solos na UGRHI 22





Em geral, nas UGRHIs 20, 21 e 22 predominam solos com capacidade de infiltração baixa e baixa resistência a processos erosivos. Tais características podem ser verificadas quando analisamos as informações sobre processos erosivos levantadas pelo IPT no ano de 2012 para o Estado de São Paulo (CBH-PP; CBH-AP, 2016). A tabela 1 apresenta o total de pontos de erosão encontrados nas UGRHIs.

Tabela 1 - Cadastro de erosões do IPT para o ano de 2012

	Área Urbana	Área Rural	Total
UGRHI 20	126	2.573	2.699
UGRHI 21	151	6.780	6.931
UGRHI 22	75	3.214	3.289

Fonte: CBH-PP (2016); CBH-AP (2016).

Os dados do IPT apontaram uma quantidade alta de processos erosivos (ravinas e voçorocas) presentes nas UGRHIs em 2012. Foram identificados 6.931 pontos de erosão na UGRHI 21, 3.289 pontos de erosão na UGRHI 22 e 2.699 pontos de erosão na UGRHI 20, informações que corroboram com as condições hidrológicas identificadas na área de estudo pela metodologia dos Grupos Hidrológicos de Solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que as UGRHIs 20, 21 e 22 abrangem majoritariamente solos do grupo hidrológico C, devido à ocorrência predominante de Argissolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelhos. Desta maneira, há predominância de solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência a processos erosivos nas áreas de estudo.

Por outro lado, observou-se que o grupo A é o segundo grupo de solos com ocorrência significativa nas UGRHIs, em função da ocorrência dos Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos. Tal grupo hidrológico de solo caracteriza-se por altas taxas de infiltração e alta resistência a processos erosivos.

A classificação hidrológica dos solos constitui-se em uma etapa fundamental para o entendimento dos processos hidrológicos atuantes em uma bacia hidrográfica, visto que permite classificar áreas de acordo com sua capacidade de infiltração e, desta maneira, identificar áreas prioritárias para conservação.



AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - código de financiamento 001, pelo apoio financeiro na realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. 2000. 264 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- CBH-PP - COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE. **Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe (UGRHI 20 e UGRHI 21)**. Presidente Prudente-SP, 2016. Disponível em: <http://cbhap.org/publicacoes/pbh/>. Acesso em: 27 maio 2021.
- CBH-PP - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA. **Plano de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (UGRHI 22)**. Marília-SP, 2016. Disponível em: <http://cbhpp.org/publicacoes-2/>. Acesso em: 14 novembro. 2021.
- CTPI - COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI – 22**. Pontal do Paranapanema: Relatório Zero. São Paulo: CPTI, 1999. Disponível em: <http://cbhpp.org/publicacoes-2/>. Acesso em 14 de novembro. 2021.
- IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**, 2ª edição. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências, número 4, 2007, p. 316.
- MOCKUS, V. Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall. In: USDA-SCS. **National Engineering Handbook**: Chapter 10, Hydrology. 2004.
- PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada**. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2004. 138 p. Disponível em: < http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf>. Acesso em 14 de novembro. 2021.
- PONCE, V. M; HAWKINS, R. H. Runoff Curve Number: Has it Reached Maturity? **Journal of Hydrologic Engineering**. v.1, n.1, p. 11-19, 1996.
- PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, D. D. Comparação entre dois métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 25, n 2, Viçosa, p. 403-410, 2001.
- RENNÓ, C. D.; SOARES, J.V. **Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2000. 65 p. Disponível em:



http://www.dpi.inpe.br/geopro/modelagem/relatorio_modelos_hidrologicos.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. Marcio Rossi. – São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p. : il. color; mapas. 42x29,7 cm.

SARTORI, A. **Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 189 f.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, 2005. 05-18 p.

STEVAUX, J. C. LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336 p.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998. 669 p.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p