

IMPACTO DO USO E COBERTURA DO SOLO NO DEFLÚVIO DO RIO CONCEIÇÃO, RS¹

IMPACTS OF LAND USE AND COVER ON THE CONCEIÇÃO RIVER RUNOFF, RS

Ewerthon Cezar S. Bernardi², Afranio Almir Righes³ e Galileo Adeli Buriol⁴

RESUMO

O uso agrícola dos solos na região noroeste do Rio Grande do Sul tem afetado a dinâmica dos recursos hídricos. Assim, são necessários estudos que permitam caracterizar o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas ao longo do tempo. Desta forma, neste estudo, objetiva-se determinar o impacto da alteração da cobertura do solo no escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Conceição. A metodologia envolveu caracterização física da bacia, análise da alteração da cobertura do solo e aplicação de modelo hidrológico para cálculo da vazão em dois cenários distintos. Mesmo com alterações significativas de uso e cobertura do solo, o modelo não acusou diferença na vazão no período de 1960 a 1985 e de 1986 a 2011, o que contradiz os dados da Agência Nacional de Águas, que indicou redução de vazão considerando a mesma chuva. Sendo assim, outras variáveis podem ter interferido na dinâmica da água, como presença de palha no solo e maior demanda da água armazenada pelo incremento das áreas cultivadas.

Palavras-chave: recursos hídricos, hidrologia, escoamento superficial.

ABSTRACT

The agricultural land use in northwestern Rio Grande do Sul state has affected the dynamics of water resources. Thus, it is necessary to develop studies that allow us to characterize the hydrological behavior of a river basin over time. This study aims to determine the impact of land cover changes on the surface runoff of the Conceição river basin. The methodology involved a physical characterization of the river basin, an analysis of land cover change, and an application of the hydrological model to calculate the flow in two different scenarios. Even with significant changes in relation to land cover and land use, the model did not reveal any difference in the flow from 1985 to 2010, which contradicts the records from the National Water Agency that have shown a reduction in the water flow considering the same rain amount. Therefore, other variables may have interfered in the dynamics of water, such as the presence of straw on the soil surface and increasing water demand in cultivated land areas.

Keywords: water resources, hydrology, surface water runoff.

¹ Trabalho Final de Graduação - TFG.

² Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano.

³ Orientador - Centro Universitário Franciscano.

⁴ Coorientador - Centro Universitário Franciscano.

INTRODUÇÃO

O uso intensivo dos solos da Região do Planalto, no estado do Rio Grande do Sul, intensificado em função da exploração agrícola, aumentou significativamente a velocidade da degradação da estrutura do solo por processos de compactação e adensamento. A alteração da estrutura do solo, pelo fracionamento de agregados em partículas menores, tem como consequência direta a alteração na dinâmica do fluxo de água, principalmente no que se refere ao aumento do escoamento superficial e à redução na taxa de infiltração de água no solo (DENARDIN, 2005; PETRY et al., 2007).

O escoamento superficial em bacias hidrográficas é função de características como tipo de solo, cobertura do solo, topografia, formato e área da bacia, intensidade e duração da precipitação pluvial. O aumento do volume de água escoada pode ocorrer em função de ações associadas à remoção da cobertura vegetal, exposição do solo e urbanização, compactação e impermeabilização, causas estas que vêm sendo verificadas no estado do Rio Grande do Sul, desde o início do processo de expansão da agropecuária. Sabe-se que o escoamento superficial está relacionado à taxa de infiltração de água no solo, uma vez que quanto menor for a taxa de infiltração, maior será o volume de água escoada na superfície do solo. Dessa forma, qualquer alteração, mesmo que mínima, na dinâmica da água no solo, pode trazer problemas relacionados ao déficit hídrico em períodos de estiagem, ou transtornos gerados pelo excesso de água, com inundações em centros urbanos ou transporte de sedimentos e perda de nutrientes em áreas agrícolas (RIGHES; SILVA, 2009).

Além dos problemas citados, sabe-se que a redução no armazenamento de água no solo e recarga de aquíferos também é decorrente da redução da taxa de infiltração de água no solo. Diante disso, faz-se necessário desenvolver estudos em bacias hidrográficas relacionando precipitação pluviométrica com volume de água escoado, no que se refere a sensibilizar, com base em resultados de pesquisa, os principais usuários da água, bem como os dirigentes de órgãos de gestão de bacias hidrográficas, sobre as adversidades que a alteração do escoamento superficial pode causar. Essa sensibilização, por sua vez, abre espaço para discussões a respeito de ações corretivas como a utilização de técnicas que aumentem a infiltração de água no solo.

A bacia hidrográfica é definida como área de captação natural da precipitação pluvial, composta por uma rede de drenagem a qual conflui em um único curso hídrico, que converge o escoamento para o ponto de menor altitude, conhecido como exutório. A bacia hidrográfica é delimitada pelo divisor de águas, assim, pode ser considerada como um sistema físico, tendo em vista que a entrada de volume de água é proveniente da precipitação pluviométrica e a saída é o volume de água que passa pelo exutório, podendo ocorrer também perdas durante esse processo, correspondentes ao volume de água evapotranspirada e infiltrada (SILVEIRA, 2001).

A caracterização física de bacias hidrográficas tem relação íntima com a dinâmica dos cursos hídricos, considerando que os índices os quais caracterizam a área de drenagem estão ligados

com o regime hidrológico (VILLELA; MATTOS, 1975). Segundo Christofolleti (1981), dentre as principais utilidades do estudo hidrológico de bacia hidrográfica, podem-se citar os projetos de irrigação e barragens, aproveitamento energético, controle de erosão e poluição e preservação do meio ambiente em geral. Essa análise física abrange índices relacionados com a forma da bacia, como é o caso do fator de forma (Kf), o índice de circularidade (Ic) e o índice de compacidade (Kc), que tem relação direta com o comportamento hidrológico, inclusive o tempo de concentração (Tc) (PAIVA; PAIVA, 2001). Villela e Mattos (1975) descrevem o fator de forma como a relação entre o comprimento axial e a largura média da bacia, onde valores baixos de Kf configuram uma bacia pouco sujeita a enchentes quando comparada com outra bacia hidrográfica de mesma área, porém com maior fator de forma, isso porque em uma bacia estreita e longa há menores chances de ocorrer chuvas intensas que cubram toda a extensão simultaneamente, além de que a contribuição dos tributários ao rio principal ocorre de forma mais espaçada.

O índice de compacidade consiste na relação entre o perímetro de uma bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, em que valores próximos da unidade indicam uma bacia compacta sujeita a picos de vazões, o que pode acarretar em enchentes, por outro lado, quanto maior o valor menor é a susceptibilidade da bacia aos picos de vazão (GARCEZ; ALVAREZ, 1988). Outro índice bastante utilizado é o de sinuosidade (Is), razão entre o comprimento do rio principal e comprimento de um talvegue, sendo que quanto mais próximo da unidade for o valor do índice, menor é a sinuosidade do rio em questão.

Garcez e Alvarez (1988) descrevem a densidade de drenagem (Dd) como sendo a relação entre o comprimento total dos cursos hídricos efêmeros, intermitentes e perenes de uma bacia, e a área total desta, assim sendo, valores elevados desse índice podem indicar picos de enchentes devido ao rápido deflúvio. Outras informações empregadas na caracterização física da bacia são a ordem dos cursos hídricos e o grau de ramificação ou bifurcação. O primeiro leva em conta o critério inicialmente elaborado por Horton (1945) e alterado por Strahler (1964), que considera de primeira ordem os pequenos canais sem tributários, a confluência de dois canais de primeira ordem resulta em um curso de segunda ordem, a união de dois rios de segunda ordem gera um segmento de terceira ordem e assim por diante. A relação de bifurcação é índice usado para apresentar numericamente a ramificação de cursos hídricos de certa ordem para outra imediatamente superior.

O aumento da demanda por alimentos é consequência do crescimento populacional, que também acarreta a expansão de áreas agrícolas e urbanas, de modo a causar a degradação do solo e dos recursos hídricos. Um dos principais impactos gerados pelo aumento da urbanização e o cultivo de terras é o crescimento de áreas impermeabilizadas, o que traz complicações na geração de informações a respeito do escoamento superficial as quais são de grande importância em processos de ocupação de áreas e zoneamentos ambientais.

Nesse contexto, a análise das alterações de uso e cobertura do solo por meio de mapas permite verificar áreas ocupadas de forma irregular, como planícies de inundação e margens de rios, sendo

que essas regiões de baixas declividades podem estar sujeitas a inundações (TOMINAGA et al., 2009). A alteração no uso e cobertura do solo pode acarretar em redução de áreas permeáveis e no aumento do escoamento superficial, como ocorre em casos de áreas de florestas desmatadas para uso agrícola ou então em função da expansão de centros urbanos. De acordo com Guerra e Cunha (1996), alterações do uso e cobertura da bacia têm importante papel no comportamento hidrológico da região, como na ocupação de grandes extensões de terra pelo homem, que podem causar modificações das características da bacia ao longo do tempo.

Em regiões onde a economia é basicamente em função de atividades agropecuárias, há certa preocupação em relação a estudos envolvendo a dinâmica do escoamento superficial. Segundo Maeda (2008), o escoamento superficial é o componente do ciclo hidrológico que mais é afetado pelas alterações no uso e cobertura da terra, uma vez que a cobertura vegetal diminui a vazão do escoamento pela dissipação da energia da água e facilita a infiltração. Portanto, sem a proteção, o solo fica mais vulnerável à formação de crostas e à compactação com aumento no escoamento superficial, causando assoreamentos, destruição de cidades e inundações.

A necessidade de se conhecer a enxurrada com determinada intensidade de precipitação pluviométrica induziu o desenvolvimento de modelos matemáticos que permitem chegar a resultados os quais representem hidrológicamente a região de estudo. Dentre os métodos para cálculo do escoamento superficial, destaca-se o método apresentado pelo *Soil Conservation Service (SCS)*, denominado Curva Número, o qual consiste na relação entre precipitação pluviométrica, tipo de solo e cobertura do solo. Apesar de certas inconsistências, o modelo é bastante utilizado em função do reduzido número de parâmetros e da relação entre os parâmetros físicos da bacia. Conforme dados da Agência Nacional de Águas, houve redução no volume de água escoado para determinada precipitação pluviométrica entre as décadas de 1980 e 2010.

Neste estudo, teve-se como objetivo geral determinar o impacto das alterações do uso e cobertura do solo no escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Conceição, afluente do rio Ijuí – RS, entre a década de 1980 e 2010, e como objetivos específicos (i) caracterizar os aspectos físicos da bacia hidrográfica do rio Conceição, (ii) identificar as alterações do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica em duas épocas, com intervalo superior a 25 anos, (iii) avaliar as alterações de escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Conceição em função do tempo e da cobertura do solo e (iv) analisar as séries históricas de vazões e precipitações pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Conceição.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na bacia hidrográfica do rio Conceição, afluente do rio Ijuí, localizado na região do noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas

28° 15' a 28° 50' de latitude Sul e 53° 30' a 54° 10' de longitude Oeste, com área de aproximadamente 811,00 km², abrangendo, parcialmente, cinco municípios: Augusto Pestana, Boa Vista do Cadeado, Coronel Barros, Cruz Alta e Ijuí.

A caracterização física da rede hidrográfica da bacia em estudo baseou-se em cálculos de índices hidrológicos. Para tal, foram extraídas informações da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Conceição por meio de dados do sensor *SRTM*, processados no *software* ArcGIS 10.0. A análise linear da rede de drenagem diz respeito às medidas dos cursos hídricos. Foram determinados os índices referentes ao número total de canais (*Nt*), número de canais por ordem (*Nu*), comprimento total e médio dos canais por ordem (*Lu* e *Lmu*, respectivamente), comprimento total da rede de drenagem (*Lt*) e relação de bifurcação (*Rb*), proposta por Horton (1945), descrita pela equação 1.

$$Rb = \frac{Nu}{Nu+1}, \quad (1)$$

em que *Rb* é a relação de bifurcação e; *Nu*, o número de canais por ordem.

Os índices, envolvendo área e perímetro da bacia hidrográfica, fazem parte da análise da área da bacia hidrográfica. Sendo assim, foram calculados os índices de compacidade de Gravelius (*Kc*), de circularidade (*Ic*) e de sinuosidade (*Is*), fator de forma (*Kf*) e densidade de drenagem (*Dd*).

O índice de compacidade ou índice de Gravelius (Equação 2) é a relação entre o perímetro (*P*) da bacia com o perímetro de um círculo de mesma área (*A*), sendo que o valor igual a unidade indica bacia compacta, apresentando maiores chances de inundações. Quanto maior for o valor, mais alongada será a bacia e, conseqüentemente, com menores possibilidades de escoamentos rápidos.

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}, \quad (2)$$

em que *Kc* é o índice de compacidade; *P*, o perímetro e; *A*, a área.

O índice de circularidade, definido pela equação 3 proposta por Miller (1953), também representa uma bacia circular quando o valor é igual a unidade, e caracteriza uma bacia alongada quando o valor decresce.

$$Ic = \frac{4\pi A}{P^2}, \quad (3)$$

em que *Ic* é o índice de circularidade; *A*, a área e; *P*, o perímetro.

A equação 4 refere-se ao fator de forma, onde a variável “*L*” representa o valor do comprimento axial do rio, que consiste na distância do exutório até a cabeceira mais distante. Quanto menor for o valor de *Kf*, menores serão as chances de enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975).

$$Kf = \frac{A}{L^2}, \quad (4)$$

em que Kf é o fator de forma; A , a área e; L , o comprimento axial do rio.

Adaptado de Mansikkaniemi (1970) e Christofolletti (1981), o índice de sinuosidade (Equação 5) consiste na relação entre a distância do rio principal em linha reta (Lr), ou seja, de sua foz até a nascente mais distante, e o comprimento real do rio (L), considerando as curvas deste.

$$Is = \frac{100(L-Lr)}{L}, \quad (5)$$

em que Is é o índice de sinuosidade; L , o comprimento real do rio e; Lr , o comprimento do rio em linha reta.

A densidade de drenagem é uma relação entre o somatório dos comprimentos dos cursos hídricos e a área da bacia hidrográfica, representada pela equação 6 (HORTON, 1945).

$$Dd = \frac{Lt}{A}, \quad (6)$$

em que Dd é a densidade de drenagem; Lt , o somatório dos comprimentos dos cursos hídricos e; A , a área.

A obtenção de informações referentes às alterações de uso e cobertura do solo foi realizada por meio de imagens do sensor *TM* (*Thematic Mapper*) do satélite *LANDSAT 5*. Essas imagens têm período de revisita de 16 dias, o que facilita na etapa de aquisição das imagens com datas semelhantes. Outra característica importante do *LANDSAT 5* é que ele se encontra em órbita desde 1984, dessa forma há disponibilidade de imagens com amplo intervalo de tempo. Com base nas imagens do sensor *TM*, foram gerados dois mapas de uso e cobertura do solo distinguindo classes como urbanização, solo exposto, uso agrícola, florestas e recursos hídricos.

Com a finalidade de distinguir a cobertura do solo na região em duas épocas distantes, o intervalo de tempo entre as datas de aquisição das imagens foi de quase 26 anos, sendo que a primeira imagem é de 2 de outubro de 1985 e a segunda de 10 de outubro de 2011. Teve-se o cuidado de adquirir imagens da mesma época, nos dois anos, para que a cultura se encontrasse no mesmo estágio de crescimento em ambos os mapas. O desenvolvimento dos mapas ocorreu pelo *software* ArcGIS 10.0, utilizando-se o método supervisionado de classificação, que prevê a aquisição de amostras de cada classe para treinamento do programa. Ainda, no mesmo programa computacional, foi possível calcular a percentagem que cada classe fez em ambos os mapas e assim comparar as duas situações.

Com o intuito de estimar a quantidade de água escoada em função de dados da precipitação pluvial, cobertura do solo e tipo de solo, foi empregada a expressão desenvolvida pela *SCS* (Equação 7)

sobre os mapas de cobertura do solo de 1985 e 2011, com o intuito de quantificar a variação do escoamento superficial da bacia entre as duas situações.

$$Q = \frac{(P-Ia)^2}{P+S-Ia^2} \quad (7)$$

em que Q é o volume superficial acumulado; P , a precipitação pluviométrica total acumulada; S , o armazenamento do solo e; Ia , as perdas iniciais.

Os dados referentes aos tipos de solos foram importados no *software* e processados junto dos mapas de cobertura por meio de álgebra de mapas, que é um cruzamento entre dois planos diferentes, resultando em um novo plano de informação.

De acordo com Tucci (1998), o valor de Ia é estimado por $Ia = 0,2S$, ou seja, 20% da capacidade de armazenamento de água no solo. Assim, a fim de determinar a capacidade máxima da camada superior do solo, foi utilizada a equação 8, em que a variável independente é o parâmetro CN, o qual possui valor atribuído em função do tipo e cobertura do solo.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (8)$$

em que S é o armazenamento de água no solo e; CN , o valor de Curva Número.

O valor de CN (Curva Número) varia de 1 a 100, sendo que os valores próximos de 1 representam situações de baixo escoamento quando comparado aos valores próximos de 100, que significam superfícies pouco permeáveis. A estimativa desse parâmetro leva em conta as condições médias de conteúdo de água antecedente, no caso desse estudo, foi adotado o AMC II, no qual a situação média em que os solos se encontram corresponde ao conteúdo de água em capacidade de campo.

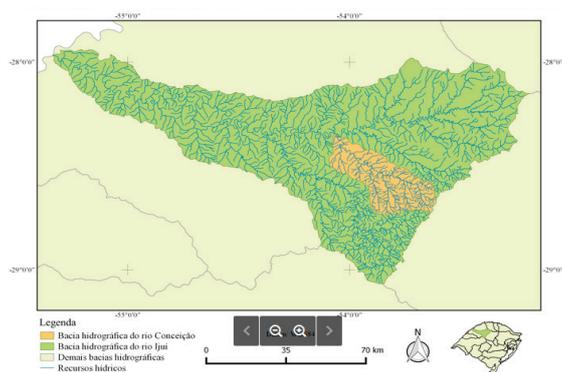
Por fim, os dados de vazões e precipitações pluviométricas da Agência Nacional de Águas foram utilizados para elaboração de gráficos, de modo que para estes foram considerados apenas os meses de outubro. Como o primeiro mapeamento foi de 1985, as séries foram analisadas antes e depois desse ano, ou seja, de 1960 até 1985 e de 1985 até 2011.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA HIDROGRÁFICA

O valor da área da bacia hidrográfica do rio Conceição foi de 807,80 km², diferenciando em menos de 1% em relação ao valor divulgado na página da Agência Nacional de Águas (ANA), figura 1.

Figura 1 - Mapa da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Ijuí-RS, com destaque da sub bacia hidrográfica do rio Conceição.



A bacia hidrográfica do rio Conceição é de 5ª ordem e compreende 227 cursos hídricos, sendo 177 canais de 1ª ordem, 38 de 2ª, 9 canais de 3ª, 2 cursos hídricos de 4ª ordem e o rio principal, de 5ª ordem, os quais, quando somados, perfazem cerca de 650,20 Km de comprimento. Além desses dados, na tabela 1, apresentam-se o comprimento médio dos cursos hídricos e a relação de bifurcação (Rb). Conforme Machado e Souza (2005), a Rb varia normalmente entre 3,0 e 5,0, sendo que valores mais altos podem sugerir substratos menos impermeáveis, em contrapartida valores menores podem indicar menor escoamento superficial.

Tabela 1 - Número de canais por ordem, relação de bifurcação e comprimento total e médio da bacia hidrográfica do rio Conceição, RS.

Ordem dos canais	Número de canais por ordem - Nu (km)	Comprimento total - Lu (km)	Comprimento médio - Lmi (km)	Relação de bifurcação - Rb
1ª ordem	177	403,22	2,28	4,66
2ª ordem	38	108,76	2,86	4,22
3ª ordem	9	69,69	7,74	4,50
4ª ordem	2	38,42	19,21	2,00
5ª ordem		30,11	30,11	-
Total	227	650,20		

Na tabela 2, são apresentados os resultados encontrados para cada índice, sendo que estes têm validade apenas quando comparados aos índices de outras bacias hidrográficas de mesma área, por exemplo, o índice de compacidade encontrado foi de 1,44 e indica uma bacia alongada quando comparado a uma bacia hidrográfica de mesma dimensão superficial, porém com valor de Kc mais próximo de 1. Villela e Mattos (1975) consideram uma bacia com 177,25 km² de área e 70 km de perímetro, em que o índice de compacidade é de 1,47 e, portanto, indica uma área pouco suscetível a enchentes.

O índice de circularidade e o fator de forma resultaram em 0,47 e 0,42, respectivamente, o que corrobora o kc, inferindo em uma bacia hidrográfica pouco sujeita a enchentes, uma vez que o baixo valor de kf infere em uma bacia com menor tendência a enchentes se comparada a uma bacia

de mesmo tamanho com um fator de forma maior, e também pelo fato do I_c distanciar bastante da unidade, pode-se afirmar que a bacia não possui um formato circular, mas sim alongado.

Ao se levar em conta as classes de sinuosidade propostas por Mansikkaniemi (1970), o rio Conceição é considerado sinuoso (Classe IV), haja vista que o índice de sinuosidade é maior que 40,0% e, menor que 49,9%. O fato de o rio principal possuir grande sinuosidade acarreta aumento no tempo de concentração da bacia em questão, visto que será necessário maior tempo para que toda a precipitação, que cai sobre a área de drenagem, contribuía para a vazão no exutório.

A densidade de drenagem (D_d) pode ser uma boa indicação do desenvolvimento do sistema de drenagem. A bacia hidrográfica do rio Conceição possui um valor acima do considerado baixo ($0,5 \text{ km km}^{-2}$) por Villela e Mattos (1975). É importante ressaltar que o resultado obtido para D_d pode ter sido consequência do baixo detalhamento das informações referentes à rede de drenagem, dado que muitos cursos hídricos não são representados e, por conta disso, seus respectivos comprimentos não são somados.

Tabela 2 - Índices físicos da bacia hidrográfica do rio Conceição - RS.

Índice	Unidade	Valor
Perímetro	km	146,60
Área	km^2	807,80
Compacidade (K_c)	-	1,44
Circularidade (I_c)	-	0,47
Fator de forma (K_f)	-	0,43
Sinuosidade (I_s)	%	42,05
Densidade de drenagem (D_d)	kmkm^{-2}	0,80

Os valores índices calculados definem uma bacia hidrográfica com pouca propensão a enchentes e inundações, sendo que bacias com o formato retangular ou triangular são menos susceptíveis a enchentes que as circulares, ovais ou quadradas, que têm maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal (ROCHA, 1997).

USO E COBERTURA DO SOLO

Os mapas de uso e cobertura do solo de 1985 e 2011 foram separados em seis classes, de acordo com a metodologia da SCS, com exceção da classe áreas úmidas. Na tabela 3, há a análise quantitativa das classes de ambos os mapas de cobertura do solo, bem como a alteração percentual de cada classe.

De acordo com os dados apresentados, a classe correspondente a solo lavrado foi a que apresentou maior alteração, com diminuição de mais de 12% da área ocupada pela classe, seguida

da classe que envolve plantações regulares, a qual teve acréscimo de quase 11%. Tal alteração pode ter ocorrido devido à consolidação do Sistema Plantio Direto na região a partir da década de 1990, o qual prevê a cobertura do solo com palha e a adoção de rotação de culturas, sendo que anteriormente este era lavrado e, posteriormente, exposto às intempéries. A ausência de cobertura no solo acarreta perda de sedimentos e, conseqüentemente, de nutrientes, podendo também gerar sulcos e voçorocas devido ao aumento do escoamento superficial que a exposição do solo pode ocasionar (JUNIOR et al., 2012).

Tabela 3 - Quantificação das classes de uso e cobertura do solo nos mapas de 1985 e 2011, bacia hidrográfica do rio Conceição, RS.

Classe	Área classificada em				Alteração %
	1985		2011		
	km ²	%	km ²	%	
Solo lavrado com sulcos retilíneos	109,08	13,51	11,50	1,42	-12,08
Arruamentos e estradas asfaltadas	9,57	1,18	11,44	1,42	0,23
Estradas de terra normais	5,60	0,69	5,53	0,68	-0,01
Áreas úmidas	2,55	0,32	2,51	0,31	0,01
Florestas normais	65,29	8,09	73,76	9,13	1,05
Plantações regulares em fileiras retas	615,40	76,21	702,96	87,03	10,82
Área total classificada	807,47	100,00	807,70	100,00	

Outra classe que apresentou leve mudança na percentagem de área ocupada foram as florestas, que passaram de 8,09%, para 9,13%, o que infere a não existência de desmatamento, considerando o balanço geral entre as duas situações apresentadas. As demais classes não se alteraram significativamente. Em 1946, o RS tinha 40% de sua área coberta por florestas, em 1980, esse valor atingiu 5,6% (BRASIL, 1983). Assim, a partir de 1980, o RS teve incremento na área florestada atingindo atualmente em torno de 17%.

MODELO HIDROLÓGICO

Para aplicação do modelo hidrológico, foram identificadas cinco classes de solos, que foram reclassificados conforme a metodologia do *SCS* (1975). Os Latossolos e Nitossolos foram reclassificados na classe C e os Argissolos na classe B, de acordo com suas texturas. O cruzamento das classes de cobertura do solo com os tipos de solos gerou dez diferentes valores de curva número para cada época. A lâmina de água Q foi então calculada com base no percentual de área de cada valor de Curva Número (CN), sendo que, para o ano de 1985, o CN resultante foi de 85,55 e, para 2011, de

82,60. O Valor de S, por sua vez, que representa a capacidade máxima de armazenamento de água na camada superior do solo, foi de 51,99 e 53,50 para os anos de 1985 e 2011, respectivamente. Tais dados indicam um decréscimo na capacidade de gerar escoamento superficial entre os dois cenários analisados, o que ocorreu devido à diminuição das áreas de solo lavrado e aumento das regiões de plantações regulares.

Finalmente, a vazão Q foi estimada em altura de lâmina para os dois cenários estudados, adotando diferentes valores de precipitação pluviométrica, conforme está representado na tabela 4. Observa-se que os valores são muito próximos, o que indica que a lâmina de água, estimada para ambos os anos, tem diferença quase nula de acordo com o modelo hidrológico aplicado, o que contraria os dados de vazões disponibilizados pela ANA (Agência Nacional de Águas), na qual é possível verificar aumento significativo de vazão para períodos com, no mínimo, três dias de chuva antecedentes.

Tabela 4 - Vazões estimadas em altura de lâmina para 1985 e 2011.

Precipitação	Vazão Q_{1985}	Vazão Q_{2011}
------(mm)-----		
10	0,002963	0,009253
20	1,456369	1,372501
30	5,241267	5,101612
40	10,518130	10,341570
50	16,807300	16,605070
60	23,814830	23,594020
70	31,350520	31,115850
80	39,285900	39,040600
90	47,531020	47,277380
100	56,021030	55,760750
110	64,708020	64,442360

ANÁLISE DAS SÉRIES HISTÓRICAS

Pelos resultados da relação dos dados pluviométricos e fluviométricos da estação hidrometeorológica do rio Conceição, períodos de 1960 a 1985 e de 1986 a 2011, figuras 2 e 3 respectivamente, constata-se que, para valores de precipitação pluviométrica semelhantes, ocorreu redução na vazão. Tal informação se confirma pela análise do coeficiente angular, sendo a inclinação da reta, no período de 1960 a 1985, maior do que, no período de 1986 a 2011, o que significa que a capacidade de gerar escoamento superficial diminuiu no período de análise.

Figura 2 - Relação entre precipitação pluviométrica e vazão dos totais mensais para o mês de outubro, período de 1960 a 1985.

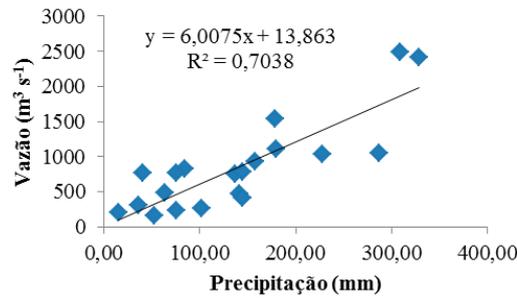
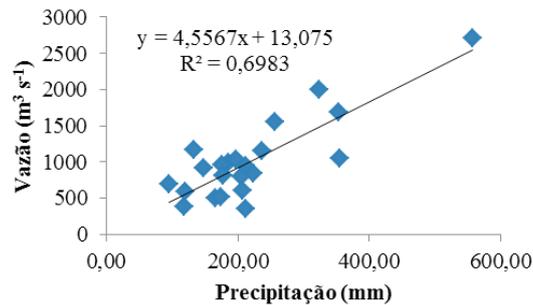


Figura 3 - Relação entre precipitação pluviométrica e vazão dos totais para o mês de outubro, período de 1986 a 2011.



Porém o modelo Curva Número aplicado à bacia hidrográfica do rio Conceição apenas relaciona precipitação e cobertura do solo. Sendo assim, pode-se entender que o decréscimo da vazão medida pode estar associado com outros fatores como menor degradação do solo, maior demanda de água pela vegetação cultivada, solos mais secos com menor armazenamento de água, portanto com maior capacidade de absorção, fatores esses que deverão ser analisados em futuros trabalhos.

CONCLUSÕES

Pelos resultados dos parâmetros físicos e dos impactos das alterações do uso e cobertura do solo no escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Conceição, afluente do rio Ijuí-RS, de 1960 a 1985 e de 1985 a 2011, conclui-se:

- a rede hidrográfica é bem distribuída ao longo da área da bacia hidrográfica e seu formato é alongado, que, somado aos demais índices físicos, caracteriza-a como pouco sujeita a enchentes;
- na bacia hidrográfica, ocorreu redução de áreas com solo desnudo e aumento de áreas com cultivos agrícolas;
- as vazões estimadas a partir do método Curva Número são semelhantes para ambos os períodos analisados na bacia hidrográfica do rio Conceição;
- com base nas séries históricas de vazões e precipitações pluviométricas na bacia hidrográfica do rio Conceição, houve decréscimo na capacidade de gerar escoamento superficial.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. IBDF. **Inventário florestal nacional Florestas nativas RS**. Brasília DF, 1983, 345p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blüchler, 1981. 313p.

DENARDIN, J. E. Técnica de manejo da enxurrada em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 14, n. 85, p. 37-39, 2005.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291p.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372p.

JUNIOR, R. C.; ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Plantio direto no sul do Brasil: Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento de mecanização conservacionista**. Londrina, PR: Organização das Nações Unidas para agricultura e alimentação, Instituto Agrônômico do Paraná, 2012. 77p.

HORTON, R. E. Erosional development of streams their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, Colorado, v. 56, p. 275-370, 1945.

MACHADO, G., SOUZA, J. O. P. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Chôco - Ibaiti – PR. In: X ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA. São Paulo, 2005. **Anais...** Universidade de São Paulo, p. 8366- 8382.

MAEDA, E. E. **Influência das Mudanças do Uso e Cobertura da Terra no Escoamento Superficial e Produção de Sedimentos na Região da Bacia do Alto Rio Xingu**. 2008. 102f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

MANSIKKANIEMI, H. The sinuosity of rivers in northern Finland. **Publicationes Instituti Geographici Universitatis Turkuensis**, v. 52, p. 16-32, 1970.

MILLER, V. C. **A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee**. Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR 389-042, Technical Report, 3, Columbia University, 1953.

PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625p.

PETRY, M. T. et al. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 531-539, 2007.

RIGHES A. A.; SILVA, R. F. da. Escoamento superficial. In: RIGHES, A. A.; BURIOL, G. A.; BOER, N. **Água e Educação: princípios e estratégias de uso e conservação**. Santa Maria: Ed. UNIFRA, 2009. p. 137-168.

ROCHA, J. S. M. da. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423p.

SCS. **Urban Hydrology for Small Watersheds**. Washington: U. S. Dept. Agr., 1975 (Technical Release. n. 55).

SILVEIRA, A. L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. p. 35-51.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Vem te - **Handbook of Applied hydrology**. New York: McGraw-Hill Book, 1964.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/1STXlzW>>. Acesso em: 29 mar. 2012.

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

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245p.