

Fenômenos El Niño e La Niña em duas bacias hidrográficas na Mesorregião Centro Ocidental Rio-grandense: Assentamento Alvorada

Ivan Renato Cardoso Krolow

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)
Pós-Doutorando em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
e-mail: ikrolow@gmail.com

André Pellegrini

Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Docente na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos
e-mail: andre.pellegrini@yahoo.com.br

Jimmy Walter Rasche Alvarez

Doutorando em Ciência do Solo na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Professor do Departamento de Suelo y Ordenamiento Territorial da Universidad Nacional de Asunción – Facultad de Ciencias Agrarias
e-mail: jwrasche@yahoo.com.br

Daniela da Rocha Vitoria Krolow

Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)
Pós-Doutoranda em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
e-mail: danielakrolow@gmail.com

Alexandre Troian

Mestre em Extensão Rural pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
e-mail: xtroian@gmail.com

Danilo Rheinheimer dos Santos

Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
e-mail: danilonosaf@gmail.com

José Miguel Reichert

Professor Titular de Física e Hidrologia do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
e-mail: reichert@ufsm.br

Resumo

Este estudo relacionou fenômenos climáticos, conhecidos por El Niño e La Niña com a dinâmica hidrológica em bacias hidrográficas. As bacias hidrográficas localizam-se em um Assentamento da Reforma Agrária - Alvorada, no município de Júlio de Castilhos/RS, Brasil. A primeira bacia hidrográfica apresenta-se com área de 79,55 ha e a segunda com 144,52 ha. Monitoraram-se as bacias hidrográficas entre os anos de 2010 a 2012 (trinta e seis meses), a partir do estudo das classes e agrupamento de uso da terra; radiação solar acumulada; precipitação pluvial; classificação das chuvas; escoamento superficial e de base e volume de água não erosiva. As áreas utilizadas para o cultivo da soja mostraram-se menos favoráveis a redução do escoamento superficial. O escoamento superficial foi maior em El Niño e menor em La Niña. Os valores de escoamento superficial foram maiores na bacia hidrográfica 80 e do escoamento de base menor na bacia hidrográfica 140. O volume de água não erosiva foi maior na bacia hidrográfica 140. As áreas úmidas mostraram-se

Revista NERA	Presidente Prudente	Ano 20, nº. 37	pp. 294-316	Mai-Ago./2017
--------------	---------------------	----------------	-------------	---------------

mais eficientes na regularização do fluxo de água na bacia hidrográfica 80 e as matas ciliares auxiliaram mais efetivamente no armazenamento de água na bacia hidrográfica 140.

Palavras-chave: Escoamento; superfície; pastagem natural.

El Niño and La Niña in two watersheds in Mesoregion Western Center Rio Grandense: Settlement Alvorada

Abstract

This study lists the climatic phenomena known as El Niño and La Niña with the hydrological dynamics in watersheds across different classes and grouping land use. The Watersheds are located in a settlement of Agrarian Reform - Alvorada in the Júlio de Castilhos city, Rio Grande do Sul, Brazil. The first basin presents an area of 79.55 ha (Watershed 80) and the second 144.52 ha (Watershed 140). The monitoring was between the years 2010 to 2012 (thirty six months), from the studies of classes and cluster use land; the accumulated solar radiation; the pluvial precipitation; classification of rains; runoff and base and volume of non-erosive water. The areas used for cultivation soy showed if less favorable for reduce surface runoff. The surface runoff was higher in El Niño and smaller in La Niña. The Values the surface runoff were higher at watershed 80 and of the runoff of base was smaller on the watershed 140. The values ET+IP+A were higher at watershed 140. The wetlands were more efficient in regulating the flow of water at watershed 80. The riparian forest helped more effectively in water storage at the watershed 140.

Keywords: Flow; surface; natural pasture.

El Niño y La Niña en dos cuencas en la Gran Región Occidental Centro de Río Grande: Asentamiento Alvorada

Resumen

Este estudio muestra los fenómenos climáticos como El Niño y La Niña en la dinámica hidrológica en las cuencas. Las cuencas se encuentran en un asentamiento de la reforma agraria - Alvorada, in la ciudad de Julio de Castilhos, Rio Grande do Sul, Brasil. La primera cuenca se presenta con una superficie de 79,55 ha (cuenca 80) y el segundo con 144.52 ha (cuenca 140). Se monitorizó entre los años 2010 a 2012 (treinta y seis meses), a partir del estudio del clúster clases y uso de la tierra; la radiación solar acumulada; precipitaciones; clasificación de la lluvia; la escorrentía superficial y la base y el volumen de agua no erosiva. Las áreas utilizadas para el cultivo de soja fueron menos favorables para reducir la escorrentía superficial. La escorrentía superficial fue mayor en El Niño y menos en la Niña. Los valores de escorrentía superficial fueron mayores en la cuenca 80, y escorrentía de base inferior en cuenca 140. El volumen de agua no erosiva fue mayor en la cuenca 140. Las humedales fueron más eficientes en la regulación del flujo de agua en el cuenca 80 y los bosques de ribera ayudaron con mayor eficacia en el almacenamiento de agua en el cuenca 140.

Palabras clave: Ecorrentía; superficial; pastos naturales.

Introdução

O monitoramento dos processos hidrológicos com capacidade de erodibilidade e armazenamento de água é complexo e dispendioso. Contudo, é possível obter informações

importantes, a partir dos registros de precipitação pluvial, escoamento superficial, escoamento de base e da estimativa do volume hídrico não erosivo em uma determinada bacia hidrográfica. Tais informações podem auxiliar no planejamento das áreas de produção com a perspectiva da redução dos processos de erosão, e ainda, contribuir com o maior armazenamento de água no solo. Mesmo fenômenos fáceis de serem percebidos pela sociedade, como as constantes estiagens que assolam a produtividade agrícola e até comprometem o fornecimento de água em várias regiões do estado do Rio Grande do Sul, esses, não se apresentam dicotomizados, ao contrário, podem provocar causas e efeitos que muitas vezes são pouco perceptíveis.

Segundo Cera e Ferraz (2015), o aquecimento e o resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial central e leste denominados como fenômenos El Niño e La Niña são perceptíveis com mais intensidade no estado do Rio Grande do Sul. Matzenauers *et al.* (2008) verificaram que no Planalto Médio do Rio Grande do Sul durante os anos de 1975 a 2001 33% dos meses (107) apresentaram ocorrência de El Niño, 22% (71) de La Niña e 45% dos meses (146) não apresentaram ocorrência dos fenômenos e foram considerados como anos neutros. Sob a influência do El Niño têm se observado maiores colheitas, principalmente das *commodities* milho e soja, uma vez que há redução de estiagens prolongadas na primavera e no verão. Enquanto que o déficit hídrico identificado em anos de La Niña tem interferido negativamente nos períodos críticos como do florescimento e enchimento de grãos.

Holanda *et al.* (2015) frisam que nas bacias hidrográficas ocorrem processos hídricos como: deslocamento das águas na superfície terrestre, erosão hídrica, e as atividades agropecuárias e florestais com destaque para suas inter-relações e impactos sobre os recursos naturais. A bacia hidrográfica como unidade geográfica é ideal para se caracterizar, diagnosticar, avaliar e planejar o uso dos recursos (HOLLANDA *et al.*, 2012). Então, os fenômenos de El Niño e de La Niña podem apresentar influência direta na dinâmica hidrossedimentológica, e por isso submetê-los à investigação pode favorecer outras formas de interpretação e entendimento do impacto destes fenômenos em bacias hidrográficas. Há interferência dos fenômenos sob as variáveis hidrológicas e, conseqüentemente, nas relações solo-planta, uma vez que, podem modificar o regime térmico, aeração do solo, escoamento superficial, infiltração, percolação profunda e armazenamento de água no solo, eficiência da nutrição e controle das plantas concorrentes.

O conhecimento sobre o regime hídrico em uma bacia hidrográfica é essencial nos estudos hidrológicos que servem como base para projetos de diferentes usos de água, tornando-se fator imprescindível para um gerenciamento adequado dos recursos hídricos (SANTOS *et al.*, 2009). Pinto *et al.* (2012) atribuíram a presença de vegetação ciliar a maior proteção quali-quantitativa de seus recursos hídricos. Essa influência, no ciclo hidrológico,

dá-se através da interceptação, da relação infiltração/escoamento e da evapotranspiração. Alencar *et al.* (2006) observaram que o escoamento superficial está relacionado a fatores que potencializam as relações hídricas de uma bacia hidrográfica. No mesmo sentido, Maeda (2008) constatou que a expansão agrícola aumentou do escoamento superficial, onde algumas sub-bacias aumentaram em até 100% o escoamento comparativamente ao ambiente não antropizado.

Segundo Pellegrini *et al.* (2010), a distribuição e a posição das lavouras e das estradas na paisagem são, tão ou mais, importantes nas transferências de sedimentos do que a sua contribuição relativa em termos de área. Em complemento, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o manejo despendido às áreas de produção e a influência dos fenômenos de El Niño e de La Niña na distribuição da precipitação e sua ação no processo erosivo e no armazenamento de água no solo em duas bacias hidrográficas gaúchas.

Procedimentos metodológicos

Este estudo foi realizado no sul do Brasil em duas bacias hidrográficas (BH's) com características ambientais similares, localizadas no Assentamento de Reforma Agrária Alvorada, no município de Júlio de Castilhos, Região Geomorfológica do Planalto das Missões do estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1). As BH's monitoradas apresentam área igual a 79,6 (bacia hidrográfica 80) e a 144,5 ha (bacia hidrográfica 140). Os cursos de água das BH's fluem para o arroio Felício e fazem parte do sistema de drenagem na bacia hidrográfica do rio Jacuí.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida. A precipitação média anual histórica entre os anos de 1976 a 2005 foi de 1.678 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (ATLAS, 2011). O solo predominante é o Argissolo, com textura média para o horizonte A (67,2% de areia, 17,4% de silte e 15,4% de argila). A distribuição espacial do uso da terra foi feita com uso da imagem pancromática obtida do satélite QuickBird com 60 cm de resolução de pixel (Figura 1).

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica 80 e da bacia hidrográfica 140. Assentamento de reforma agrária Alvorada, Júlio de Castilhos, Rio Grande do Sul, Brasil



As informações sobre o relevo foram extraídas do modelo digital de elevação de 5 m de resolução de pixel, gerado com dados de levantamento planialtimétrico com aparelho de posicionamento cinemático em tempo real (RTK). A declividade representada em classes e as respectivas áreas, dados altimétricos, assim como, a rede de drenagem e distância média das encostas até o curso d'água nas BH's são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de declividade, área relativa, dados altimétricos, comprimento da rede de drenagem e distância média das encostas até o curso d'água nas duas bacias hidrográficas

Classes (%)	Bacia hidrográfica 80	Bacia hidrográfica 140
	----- Área (ha) -----	
0 - 3	10,1	10,3
3 - 6	20,6	27,3
6 - 9	17,7	32,2
9 - 12	14,3	31,2
12 - 15	16,7	43,5
Total	79,6	144,5
Dados altimétricos		
Cota inferior (m)	431	440
Cota superior (m)	485	506
≠ de cotas	54	66
Lw ⁽¹⁾ (m)	3876,0	5118,0
L ⁽²⁾ (m)	51,5	71,0
Sen θ ⁽³⁾	0,077	0,089

¹comprimento total de cursos d'água perenes e intermitentes; ²resultado do comprimento médio da rampa; ³seno da inclinação média ponderada.

Os valores do fator de forma e do coeficiente de compacidade na bacia hidrográfica 80 e na bacia hidrográfica 140 corresponderam, respectivamente, a 1,34 e 1,31 e a 0,47 e 0,45. Os valores do tempo de concentração médio e tempo de pico médio foram obtidos com base em 95% dos eventos de precipitação registrados durante o monitoramento e corresponderam a 84 min ($\sigma = 36,20$) e a 210 min ($\sigma = 76,79$) para a bacia hidrográfica 80 e de 58 min ($\sigma = 21,33$) e a 141 min ($\sigma = 44,73$) para a bacia hidrográfica 140, respectivamente.

Em cada bacia hidrográfica foi instalado um pluviógrafo, e três pluviômetros foram distribuídos para contemplar a diversidade ambiental das duas BH's. Na bacia hidrográfica 80 utilizou-se um datalogger (SL-PNV 2000) conectado ao pluviógrafo para serem registrados os eventos (intervalos de 5 min). Na bacia hidrográfica 140, próximo ao exutório, instalou-se estação meteorológica automática (Danvis, Vantage Pro 2), que captava leituras em intervalos de 10 minutos. A vazão de ambas as BH's foi obtida com auxílio de duas calhas Parshall de larguras críticas iguais a 1,22 e a 1,52 m, para bacia hidrográfica 80 e bacia hidrográfica 140, respectivamente. Ambas as variáveis foram registradas constantemente por sensores de turbidez e de nível acoplados a um *datalogger* (intervalos de 5 minutos). O monitoramento dos dados meteorológicos e de fluxos de água das duas BH's foi feito de 01/01/2010 a 31/12/2012.

O volume do escoamento superficial e, por consequência, o escoamento de base foram obtidos através do método de linha reta proposto por Chowet al. (1998). A separação do escoamento foi feita usando-se o método descrito por Tucci (2002). Os valores do somatório da evapotranspiração total, infiltração profunda e armazenamento no perfil do solo foram obtidos da diferença entre a precipitação total e os escoamentos de superfície e de base.

Foram identificados e separados seis conjuntos de eventos precipitação pluviométrica: dois de El Niño, dois de La Niña e dois Normais que apresentaram valores respectivos de precipitação pluvial igual a 460 e 256, a 97 e 84, e a 155 e 165 mm. Tomou-se por base para a separação dos períodos, os boletins climáticos elaborados pelo 8º DISME/INMET e pelo CPPMet/UFPEL. Utilizaram-se dados de radiação solar obtidos da PCD 31918 – Estação (Júlio Castilhos/RS, Latitude: -29.172, Longitude: -53.687, Altitude: 514 m) do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. Os valores brutos (1096 dias) de radiação solar acumulada (RadSolAcum) em MJ m⁻² foram tratados de modo a fornecer a radiação solar média acumulada do mês.

Os eventos de precipitação pluvial com capacidade de desencadear os processos erosivos, a partir do escoamento superficial, foram agrupados em intervalos de classe de 5 mm e classificados conforme Assis et al. (1996). Esses autores classificam os eventos de precipitação pluviométrica em Muito Fraca (0,1 – 5 mm); Fraca (5 – 10 mm); Moderadamente Fraca (10 – 15 mm); Moderada (15 – 20 mm); Moderadamente Forte (20 – 25 mm); Forte (25 – 30 mm) e Muito Forte (> 30 mm).

As análises dos dados foram baseadas na estatística descritiva, levando-se em consideração os indicadores de média, desvio padrão e erro padrão dos valores.

Resultados

Ocupação e uso da terra

A principal atividade econômica dos agricultores assentados pelo processo de reforma agrária nessas duas bacias hidrográficas monitoradas é a produção de soja e milho na primavera/verão e a bovinocultura de leite durante o ano.

O sistema de manejo das áreas visa à integração das atividades de lavouras de grãos com a atividade da pecuária. Os animais durante a safra da soja e /ou do milho são deslocados para as áreas úmidas e de mata ciliar do Assentamento, e na sequência, as pastagens são dessecadas para a realização do plantio direto. Durante o período primavera/verão as culturas da soja e do milho ocupam mais de 70% da área total das BH's monitoradas.

O manejo adotado tem proporcionado à redução da produção leiteira, uma vez que as áreas de preservação ambiental apresentam pequena área superficial e consequentemente pouca oferta de alimento (Figura 2).

Figura 2 – Mapa de uso da terra em 2010 a 2012, bacia hidrográfica 80 e bacia hidrográfica 140. Júlio de Castilhos, Rio Grande do Sul, Brasil



Na bacia hidrográfica 80 e na bacia hidrográfica 140 estão presentes, respectivamente, 2,4 e 12,2% de áreas com mata nativa e silvicultura; 15,3 e 5,3% de áreas úmidas; 1,4 e 3,1% de áreas ocupadas pelos açúdes e estradas; e 3,9 e 3,3% usadas com culturas de subsistência.

No inverno, praticamente não há cultivo para produção de grãos; há somente o cultivo de forrageiras (aveia e azevém) para a produção leiteira, totalizando 62,9 ha na bacia hidrográfica 80 e 113,3 ha na bacia hidrográfica 140.

Distribuição dos valores de radiação solar acumulada e dos eventos de precipitação pluviométrica nos períodos Normal, La Niña e El Niño

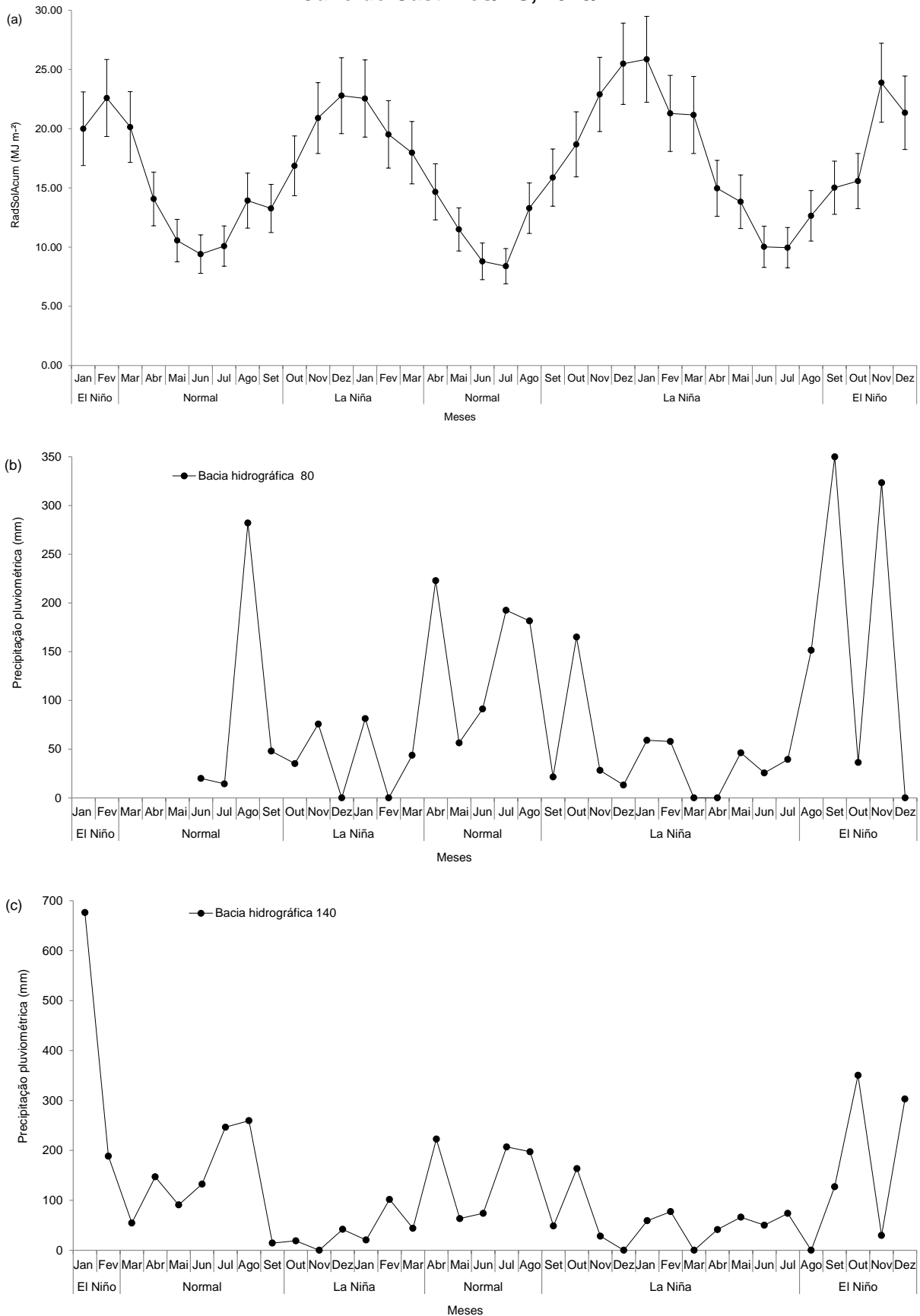
Os valores de radiação solar acumulada e dos eventos de precipitação pluvial (EPP) podem ser observados na Figura 3. Os valores obtidos da radiação solar foram associados aos períodos de domínio Normal, La Niña e El Niño. Constatou-se que os menores valores de radiação solar acumulada (RadSolAcum) em MJ m⁻² foram obtidos no período Normal, sendo menos elevados nos meses de maio a julho e os maiores sob o domínio La Niña com valores mais elevados de outubro a janeiro (Figura 3a).

A precipitação pluvial registrada em ambas as BH's também foi associada aos períodos de domínio Normal, La Niña e El Niño. Sob o domínio La Niña foram observadas as menores precipitações pluviométricas do período monitorado e as maiores foram relacionadas ao domínio El Niño (Figura 3b e 3c).

As precipitações médias das duas BH's acumuladas em cada ano de monitoramento mostram-se diferentes. Em 2010, 2011 e 2012 acumularam-se 475,5 ($\sigma = 101,78$); 1097,7 ($\sigma = 79,30$) e 1089,4 ($\sigma = 121,96$) mm na bacia hidrográfica 80 e 1870,8 ($\sigma = 186,38$); 1170,8 ($\sigma = 78,72$) e 1178,3 ($\sigma = 112,59$) mm na bacia hidrográfica 140, respectivamente.

A precipitação total acumulada (PT_a) observada no primeiro ano de monitoramento foi a que se mostrou mais próxima da média histórica da região que é de 1.678 mm. Os menores valores em relação à média histórica já eram esperados, uma vez que, foram considerados apenas os EPP capazes de desencadear os processos erosivos nas BH's. No segundo período do monitoramento, que iniciou 07/07/2012 e terminou em 31/12/2012, obtiveram-se 861,1 mm de PT_a (Média = 45,3; $\sigma = 16,48$) distribuída em 19 EPP (Figura 3b) na bacia hidrográfica 80 e 810,1 mm de PT_a (Média = 38,6; $\sigma = 15,87$) distribuída em 21 EPP na bacia hidrográfica 140 (Figura 3c). Os valores de precipitação média diária (PM_d) (valores totais de precipitação/dias de monitoramento) mostraram-se superiores aos demais, sendo no primeiro evento igual a 16,9 mm dia⁻¹ e no segundo 7,7 mm dia⁻¹

Figura 3 – Média mensal da radiação solar acumulada (a) e precipitação total nas bacias hidrográficas (b e c). Barras verticais representam o erro padrão da média. Júlio de Castilhos/RS, 2010/12



O período considerado Normal se deu de 23/02/2010 a 22/09/2010. Na bacia hidrográfica 80 os valores de PT_a foram obtidos a partir de junho e acumularam apenas 296,5 mm de PT_a (Média = 27,0; σ = 27,56) distribuídos em 11 EPP. Na bacia hidrográfica 140 a PT_a foi igual a 945,3 mm (Média = 35,01; σ = 26,07) distribuída em 27 EPP (Figura 3c). Houve um segundo período considerado Normal, que se estendeu de 29/03/2011 a 29/08/2011, no qual foram registrados 31 EPP na bacia hidrográfica 80 com PT_a igual a 764,1 mm (Média = 24,65; σ = 18,76) e na bacia hidrográfica 140 a PT_a corresponderam a 744,7 mm (Média = 26,6; σ = 16,9) em 28 EPP, respectivamente (Figura 3b e 3c).

No primeiro período La Niña (23/09/2010 a 28/03/2011) a PT_a na bacia hidrográfica 80 foi de 325,2 mm (Média = 21,68; σ = 10,88) distribuída em 15 EPP (Figura 3b) e na bacia hidrográfica 140 registraram-se PT_a igual a 185,9 mm (Média = 30,98; σ = 25,80) em apenas seis EPP (Figura 3c). No segundo período regido por La Niña (30/08/2011 a 06/07/2012) a PT_a na bacia hidrográfica 80 foi de 468,8 mm (Média = 36,1; σ = 14,09), distribuída em 13 EPP (Figura 3b) e a PT_a na bacia hidrográfica 140 a foi igual a 596,1 mm (Média = 37,3; σ = 19,04) distribuída em 16 EPP (Figura 3c). Os menores valores de PM_d foram encontrados nos dois períodos La Niña e corresponderam a 1,47 mm dia⁻¹ (primeiro período) e a 1,75 mm dia⁻¹ (segundo período).

Classificação dos eventos de precipitação pluviométrica

Após o agrupamento dos eventos de precipitação pluvial em períodos de domínio Normal, El Niño e La Niña, classificou-os de acordo com a proposta de Assis *et al.* (1996). Entre os 204 EPP computados com capacidade erosiva, 117 foram classificados como forte (25-30 mm) e muito forte (> 30 mm) (Tabela 2).

Tabela 2 – Frequência de classes de eventos de precipitação pluviométrica registrados em períodos Normais, El Niño e La Niña, bacia hidrográfica 80 e bacia hidrográfica 140. Júlio de Castilhos/RS, 2010/12

Classificação	Bacias hidrográficas											
	El Niño*		Normal		La Niña		Normal		La Niña		El Niño	
	140	80	140	80	140	80	140	80	140	80	140	
Muito Fraca	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Fraca	1	2	1	3	0	6	1	0	0	0	0	0
Moderadamente	2	3	6	1	2	5	4	0	1	0	3	3
Moderada	3	1	4	3	1	2	6	1	2	2	0	0
Moderadamente	2	0	2	2	0	4	3	1	2	1	2	2
Forte	2	1	2	2	1	4	4	4	2	0	2	2
Muito forte	7	4	12	4	2	9	9	7	9	16	14	14
Total	17	11	27	15	6	31	28	13	16	19	21	21

*El Niño = 01/10 a 22/03/2010; Normal = 23/03 a 22/09/2010; La Niña = 23/09/2010 a 28/03/2011; Normal = 29/03 a 29/08/2011; La Niña = 30/08/2011 a 06/07/2012 e El Niño = 07/07 a 31/12/2012.

No primeiro período sob o domínio El Niño, monitorado exclusivamente na bacia hidrográfica 140, nove EPP ou 52,9% são enquadrados como sendo forte e muito forte. Já no segundo período, 89,8% ou 16 eventos foram muito fortes na bacia hidrográfica 80 e 88,2% dos EPP foram incluídos nas classes muito forte (14 eventos) e forte (dois eventos) na bacia hidrográfica 140.

No primeiro período sob o domínio Normal, na bacia hidrográfica 80 foram registrados apenas cinco EPP a partir de junho, esses, foram classificados como forte (um evento) e muito forte (quatro eventos). Enquanto que, na bacia hidrográfica 140 foram considerados todos os EPP do período, esses sendo enquadrados como forte (dois eventos) e muito forte (12 eventos) em 51,8% das ocorrências na bacia hidrográfica 140. No segundo período, os EPP agrupados nas classes forte (quatro eventos) e muito forte (nove eventos) corresponderam ao mesmo número de ocorrências nas BH's e perfizeram 41,9% bacia hidrográfica 80 e 48,1% na bacia hidrográfica 140.

Sob o domínio La Niña, durante o primeiro período, constatou-se que 40% dos EPP foram agrupados como forte (dois eventos) e muito forte (quatro eventos) na bacia hidrográfica 80 e 50% como forte (um evento) e muito forte (dois eventos) na bacia hidrográfica 140. No segundo período, a intensidade das precipitações foi considerada forte (quatro eventos) e muito forte (sete eventos) em 84,6% das ocorrências na bacia hidrográfica 80 e 68,7% foram consideradas como forte (dois eventos) e muito forte (nove eventos) na bacia hidrográfica 140.

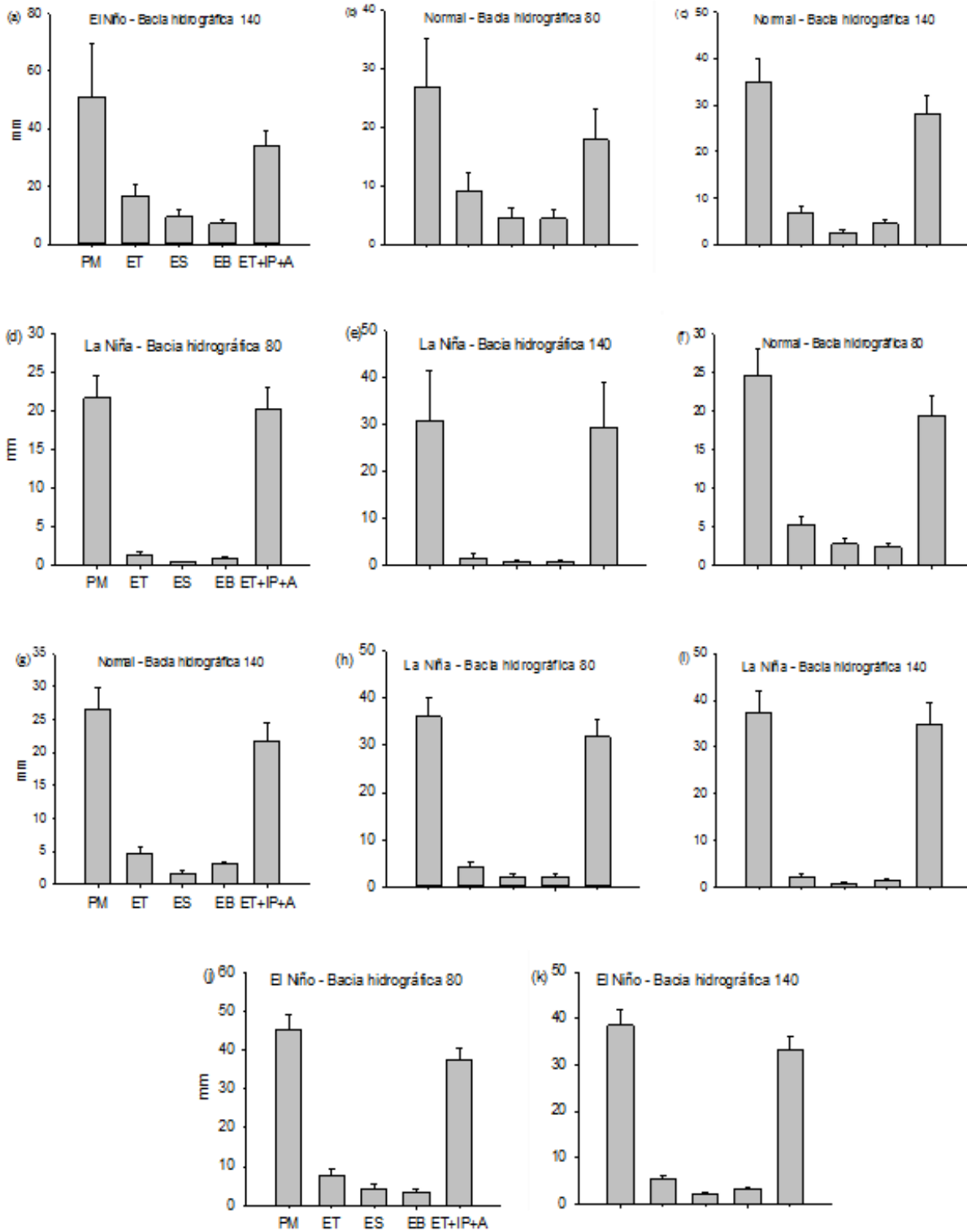
Escoamento superficial, escoamento de base e volume de água não erosiva

Os valores médios da precipitação (PM), escoamento total (ET), escoamento superficial (ES), escoamento de base (EB) e volume de água não erosiva representado pela evapotranspiração + infiltração profunda + armazenamento (ET+IP+A) foram apresentados na Figura 4. Os valores de ES obtidos durante o monitoramento ficaram entre os limites, médio inferior e médio superior e corresponderam a 0,47 e 9,48 mm. De maneira geral, em El Niño se têm os maiores valores e em La Niña os menores valores de ES.

No primeiro período sob o domínio El Niño, o ES teve valor médio igual a 9,48 ($\sigma = 22,38$) na bacia hidrográfica 140 (Figura 4a). No segundo período, foi observado valor do ES 50,2% maior na bacia hidrográfica 80 (Média = 4,30; $\sigma = 4,55$) (Figura 4j) do que na bacia hidrográfica 140 (Média = 2,14; $\sigma = 2,16$), Figura 4k.

Durante o primeiro período sob o domínio Normal constatou-se que o ES na bacia hidrográfica 80 (Média = 4,64; $\sigma = 5,70$) foi superior ao da bacia hidrográfica 140 (Média = 2,51; $\sigma = 3,49$), Figuras 4b e 4c.

Figura 4 – Precipitação média (PM); escoamento total (ET); escoamento superficial (ES); escoamento de base (EB) e evapotranspiração + infiltração profunda + armazenamento (ET+IP+A) em ordem de ocorrência (janeiro de 2010 a dezembro de 2012) nas duas bacias hidrográficas. Barras verticais representam o erro padrão da média. Júlio de Castilhos/RS, 2010/12



No segundo período, o ES foi maior na bacia hidrográfica 80 (Média = 2,83; σ = 3,80) em 60,78% (Figura 4f) ao da bacia hidrográfica 140 (Média = 1,72; σ = 2,30), Figura 4g.

Os menores valores de ES são observados em La Niña (Figura 4d). Entre eles, foi observado na bacia hidrográfica 80 o menor valor de ES (Média = 0,47 mm; σ = 0,49), que correspondeu a 37,3% ao da bacia hidrográfica 140 (Média = 0,75; σ = 1,20), Figura 4e. No segundo período, observou-se o inverso (Figura 4h), o valor de ES na bacia hidrográfica 80 (Média = 2,17; σ = 2,18) foi superior ao da bacia hidrográfica 140 (Média = 0,85; σ = 0,97) em 60,8%, Figura 4i.

Os valores do EB mostraram uma amplitude entre os limites médio inferior e médio superior que corresponderam a 0,83 e 7,21 mm, respectivamente. Sob o domínio Normal foram obtidos os maiores valores de EB (Figura 4b e 4c) e sob o domínio La Niña os menores (Figura 4d e 4e).

No primeiro evento El Niño (Figura 4a) observou-se o maior valor do EB na bacia hidrográfica 140 (Média = 07,21; σ = 10,29). No segundo período, o EB na bacia hidrográfica 80 (Média = 3,52; σ = 2,67) correspondeu a 9,09% maior ao da bacia hidrográfica 140 (Média = 3,20; σ = 2,33).

No primeiro período sob o domínio Normal (Figura 4b e 4c) os valores médios de EB das duas BH's foram iguais, embora os EPP utilizados na obtenção dos valores de EB tenham sido menores na bacia hidrográfica 80 (Média = 4,43; σ = 4,78) do que na bacia hidrográfica 140 (Média = 4,43; σ = 3,92). No segundo período (Figura 4f e 4g), obteve-se menor valor de EB na bacia hidrográfica 80 (Média = 2,41; σ = 1,97) que correspondeu a 80% do valor obtido na bacia hidrográfica 140 (Média = 3,0; σ = 2,52).

Os menores valores do EB do monitoramento foram encontrados sob o domínio La Niña. Entre as BH's observou-se que no primeiro período, o EB na bacia hidrográfica 80 (Média = 0,93; σ = 0,75) foi superior ao da bacia hidrográfica 140 (Média = 0,83; σ = 1,77) em 10,7% (Figura 4d e 4e). O maior EB na bacia hidrográfica 80 (Média = 2,11; σ = 1,64) também foi observado no segundo período de domínio La Niña e correspondeu a 33,2% maior ao da bacia hidrográfica 140 (Média = 1,41; σ = 1,23), Figura 4h e 4i.

Os valores obtidos de ET+IP+A nas BH's mostraram amplitude entre os limites, médio inferior e médio superior que corresponderam a 17,89 e 37,50 mm, respectivamente.

Durante o primeiro período sob o domínio El Niño foi observado que da PM (Média = 50,86; σ = 77,96) 67,20% ou 34,18 mm foram redirecionadas para a ET+IP+A (Figura 4a). No segundo período, 87,75% ou 37,50 mm da PM (Média = 45,32; σ = 16,48) foram relacionados a ET+IP+A na bacia hidrográfica 80 (Figura 4j), e na bacia hidrográfica 140, 86,13% ou 33,23 mm da PM (Média = 38,58; σ = 15,87 - Figura 4k).

Sob o domínio Normal, constatou-se que da PM (Média = 27,0; σ = 27,56) na bacia hidrográfica 80, 17,89 mm foram redirecionados para a ET+IP+A (Figura 4b), enquanto que, na bacia hidrográfica 140, 28,07 ou 80,28% mm da PM (Média = 35,0; σ = 21,42), Figura 4c. No segundo período, 78,66% ou 19,39 mm da PM (Média = 24,65; σ = 18,76), foram redirecionados para a ET+IP+A na bacia hidrográfica 80 (Figura 4f) e na bacia hidrográfica 140, 82,10% ou 19,39 mm da PM (Média = 26,60; σ = 16,87), Figura 4g.

Sob o domínio La Niña, primeiro período, os valores de ET+IP+A na bacia hidrográfica 80 corresponderam a 93,54% ou 20,28 mm da PM (Média = 21,68; σ = 10,88) e na bacia hidrográfica 140 a 94,89% ou 29,40 mm da PM (Média = 30,98; σ = 25,80), Figura 4d e 4e. No segundo período, 88,13% ou 31,78 mm em relação a PM (Média = 36,06; σ = 14,09) foram redirecionados à ET+IP+A na bacia hidrográfica 80 (Figura 4h) e na bacia hidrográfica 140, 93,90% ou 34,99 mm da PM (Média = 37,26; σ = 19,04), Figura 4i.

Discussão

O manejo adotado pelos agricultores assentados, em parte, busca a integração da lavoura com a pecuária leiteira, assim como, a maximização dos recursos existentes. Destarte, contam com a ressemeadura de espécies forrageiras de inverno para pastoreio animal e proteção do solo, como no caso do azevém. Da mesma forma que as forrageiras atendem em parte os animais em pastoreio, servem de palhada para a execução do plantio direto da soja e do milho. No entanto, logo após a colheita da soja, no outono, ainda há pouca disponibilidade de fitomassa fresca, mesmo assim os animais retornam para essas áreas, permanecendo até a próxima safra das culturas mencionadas. Sendo assim, é possível inferir que a cobertura do solo não é capaz de ofertar alimento em quantidade suficiente aos animais, tão pouco, proteger o solo da erosão provocada pelos eventos de maior precipitação pluvial como aqueles verificados em períodos de domínio Normal e El Niño (Figura 3b e 3c) em ambas as BH's.

Sob outra perspectiva, o manejo do solo empregado nas áreas das BH's não se apresenta adequado. A manutenção dos animais nas áreas de lavoura por longos períodos, e com uma frequência e pressão de pastejo elevada, não permitem que as espécies de inverno aportem fitomassa suficiente para minimizar os impactos desencadeados por maiores e mais numerosos EPP, como aqueles verificados em El Niño (Tabela 2). A permanência dos animais não se restringiu apenas aos locais de lavoura, também se estende as margens dos banhados e açudes, assim como, nas matas nativas e exóticas nas BH's. Dessa maneira, não atende aos preceitos de preservação ambiental despendidos as áreas de preservação permanente.

A utilização da terra nas duas BH's não mostrou diferenças significativas durante o período de monitoramento hidrosedimentológico. No entanto, o desencadeamento dos processos erosivos foi diferente em decorrência dos períodos de domínio El Niño, Normal e La Niña e diferenciaram-se também nas duas BH's, evidenciando-se que há fatores pontuais contribuindo com a redução e/ou potencialização da carga hidráulica.

Os maiores valores de ES se deram na bacia hidrográfica 80, quase que na totalidade dos EPP, quando comparado aos eventos da bacia hidrográfica 140, (Figura 4).

No segundo período sob o domínio El Niño, ao comparar as duas BH's constatou-se que, os valores da PT_a foram semelhantes, todavia, o ES obteve valores discrepantes (Figura 4j e 4k), revelando que na bacia hidrográfica 80 há maior tendência ao desencadeamento dos processos erosivos.

Nos períodos que se observou o domínio Normal, as áreas de produção das BH's encontravam-se sendo utilizadas com o pastoreio das espécies forrageiras nativas e exóticas e/ou com a cultura da soja, em final de ciclo. De maneira indubitável, a 'falta de descanso' das forrageiras permanentes, hibernais e anuais existentes nas duas BH's, que em parte são dessecadas a partir de outubro para o plantio do milho e/ou da soja, também contribuíram para a obtenção dos maiores valores de ES (Figura 3b e 3f) encontrados na bacia hidrográfica 80, esses que se expressaram até mesmo em EPP considerados entre moderadamente forte a muito fraco (Tabela 2).

A maior capacidade de resistir à sobrecarga hidráulica em EPP considerados fortes e muito fortes é constatada na bacia hidrográfica 140 (Figura 3c; 3g; 3i e 3k), esses resultados, possivelmente estão associados à maior área de matas (17,6 ha), conforme pode ser observado na Figura 2.

Embora, sejam observadas de maneira sutil as diferenças entre as BH's é inegável que a capacidade de interceptação das águas pluviais nas áreas destinadas a pastagens é frágil. Segundo Collischonn e Tassi (2008) a interceptação pluviométrica verificada nas pastagens pode variar de 5 a 10%, sendo atribuídas maiores variações as características da vegetação local. Diante dessas evidências, reforça-se a hipótese de que os processos erosivos intensificados, principalmente, em El Niño estão sendo potencializados pelas ações e manejo empregados nas áreas de plantio das culturas do milho e da soja durante La Niña.

Diante da análise desse cenário hidrológico, e sob a perspectiva da contribuição das áreas cultivadas por *commodities*, reportaram-se as considerações de Marioti *et al.* 2013 e Bertol, *et al.* (2008) que discutiram sob o ES na cultura do milho em relação a soja. Os primeiros autores observaram que após um período de estiagem o tempo de início do ES foi retardado, na cultura do milho em 43,6% em relação à soja. Os segundos, ao avaliarem as culturas do milho, feijão e da soja em diferentes sistemas de produção, encontraram na

cultura da soja menor tempo para o desencadeamento de enxurradas em precipitações entre 62 e 76 mm h⁻¹.

Na bacia hidrográfica 80 há menor área cultivada com a cultura do milho, apenas 6,8 ha, enquanto que, na bacia hidrográfica 140, 12,9 ha. Embora que as áreas consideradas sejam inferiores a 10% em relação às áreas totais de cada bacia hidrográfica, ainda assim, a maior área destinada ao cultivo do milho, contribui com maior eficiência para a redução do ES, e conseqüentemente atua de maneira mais favorável com o armazenamento de água na bacia hidrográfica 140 (Figura 4). A maior eficiência das áreas cultivadas com a cultura do milho em mitigar os processos desencadeados pelo ES ocorre em função da maior capacidade que a espécie tem de acumular carbono, mecanismo C₄, quando comparado à soja, da mesma forma, que apresenta uma relação C/N mais elevada, permanecendo seus resíduos sob a superfície do solo por maior período.

A maior interceptação da água oriunda dos EPP proporcionada pela arquitetura vegetal, assim como, a rugosidade formada pela cultura do milho no solo, auxilia na interpretação dos valores de ES encontrados, porém não restringe a discussão, como pode ser analisado diante dos valores de ES obtidos no primeiro período de domínio La Niña. De outra maneira, e em maior magnitude, as diferenças relacionadas ao ES das BH's, ocorreram em função da menor cobertura de solo representada pelas áreas de matas (1,9 ha) na bacia hidrográfica 80, e foram potencializadas pela menor eficiência das áreas de pastoreio e/ou cultivadas com a cultura da soja na redução do ES. Diante disso, reforça-se a tendência e a menor capacidade da bacia hidrográfica 80 em reduzir os processos erosivos desencadeados pelo ES, principalmente, em El Niño.

No primeiro período La Niña, observou-se que 2,3 e 2,5% dos valores de PT_a foram destinados ao ES nas BH's 80 e 140, respectivamente. A relação da PT_a com o ES não é direta, como pode ser observado no segundo período La Niña. Nesse período, observou-se valores de ES mais elevados na bacia hidrográfica 80 que corresponderam a 6% da PT_a (Figura 4h), enquanto que, na bacia hidrográfica 140 observou-se valor similar ao do primeiro evento La Niña que correspondeu a 2,3% da PT_a (Figura 4i). Esses resultados permitem depreender que quando a PT_a foi ≤ 325,2 mm as diferenças em relação ao uso das áreas não se mostraram discrepante, porém quando a PT_a passou a ser ≥ 468,8 mm a capacidade da bacia hidrográfica 140 em resistir a sobrecarga hidráulica mostrou-se mais eficiente, mesmo, com uma amplitude dos EPP e da PT_a maior.

Em relação ao EB, sua importância se dá no reabastecimento das reservas de água no solo e dos locais úmidos respondendo com menor intensidade, principalmente, nos períodos mais prolongados de estiagens como naqueles sob o domínio La Niña, no Rio Grande do Sul, como podem ser observados na Figura 4. Diante disso, percebeu-se que os EPP que antecederam La Niña são considerados como condição *sine qua non* para a

disponibilidade e reserva hídrica, assim como, no desencadeamento dos processos erosivos nas BH's (AQUINO *et al.* 2012).

Os valores do EB encontrados durante El Niño foram os maiores do monitoramento, a exceção do primeiro período Normal, esse, que não mostrou discrepância entre as BH's. Os valores similares, observados durante o primeiro período Normal (Figura 4b e 4c), provavelmente se devem a umidade do solo que o antecedeu, reduzindo assim, a capacidade de infiltração da água no perfil (Figura 4a). Tais observações podem ser ratificadas em função dos dados que antecederam o segundo período Normal (Figura 4f e 4g), esses, conferiram valores de EB menores em ambas as BH's, mesmo com o registro de um valor de EB maior na bacia hidrográfica 140 (Figura 4g). Resultados de campo e de modelagem hídrica que corroboram com os encontrados nas BH's, podem ser constatados nos trabalhos de Amado *et al.* (2002); Mishra *et al.* (2006) e Beskow *et al.* (2009). Os autores discorreram sobre a importância da umidade que antecede o período inquerido e suas relações com o ES.

Além da contribuição da umidade do solo antecedente, outros fatores, como a declividade do terreno e a cobertura vegetal contribuem para a obtenção dos maiores valores do EB. Na bacia hidrográfica 80 a diferença de cotas altimétricas e a altitude são menores do que as verificadas na bacia hidrográfica 140 (Tabela 1). Essa diferença esta contribuindo na obtenção dos maiores valores do EB na bacia hidrográfica 80 (Figura 3d, 3h e 3j).

Em relação às áreas de matas, muitos pesquisadores já discorreram sobre a relação direta entre a maior cobertura arbórea e o menor ES, como pode ser verificado nos trabalhos realizados por Freitas *et al.* (2013); Togashi *et al.* (2012); Moura *et al.* (2009) e Cardoso *et al.* (2006), quando constatada essa relação a prospecção de valores mais elevados de EB são mais favoráveis. Todavia, a contribuição das áreas de mata na bacia hidrográfica 80 é pequena, uma vez que se têm apenas 1,9 ha ocupados por espécies arbóreas, o que sugere como mais favorável à declividade menor (Tabela 1), assim como, a maior presença de áreas úmidas (Figura 2).

Na bacia hidrográfica 80, os maiores valores do EB estão relacionados diretamente a maior área úmida, essa que perfaz 12,2 ha ou 15,3% dos 79,6 ha, em relação aos 7,7 ha ou 5,3% dos 144,5 ha da bacia hidrográfica 140. A maior capacidade de armazenamento hídrico superficial, provavelmente, está contribuindo de maneira mais efetiva com os valores do EB encontrados na bacia hidrográfica 80. Resultados que concordariam em parte com Oliveira *et al.* (2013), os autores discorreram que em uma bacia com maior facilidade de infiltração e maior área de armazenamento, e ainda com nível do lençol freático afastado da superfície, tende a apresentar valores de EB superior.

A melhor e mais eficiente distribuição espacial das áreas úmidas na bacia hidrográfica 80 (Figura 2) possivelmente contribuiu para a obtenção dos maiores valores do EB quando comparado aos valores obtidos na bacia hidrográfica 140 em La Niña (Figura 4d e 4h). Fato que chamou a atenção se deu nas ações antrópicas de drenagem de parte dessas áreas, em ambas as BH's. Na bacia hidrográfica 80, as áreas úmidas encontram-se circundadas por áreas de pastagens, onde são mantidos os animais, provavelmente, a drenagem das áreas úmidas se deu na busca do aumento das áreas de pasto. Capoane e Santos (2012) ao investigarem o uso e ocupação da terra no assentamento Alvorada, também enfatizaram sobre as evidências do manejo inadequado das áreas e a interferência na dinâmica hidráulica.

Essas observações *in loco* são importantes, uma vez que, nas áreas de mata e entorno das áreas úmidas, como já discutido, a presença dos animais é permanente, o que permite fazer a prospecção de que se o manejo das áreas das BH's for mantido, o EB tenderá a ser menor, assim como, o ES será alcançado mais rapidamente. De acordo com Marchiori, 2004; Sampaio e Guarino (2007) os danos provocados pela permanência dos animais nas áreas de mata acarretam não somente ao pisoteio, mas a remoção de plântulas, compactação do solo, restrições à germinação das sementes, fatores estes, preponderantes a manutenção e regeneração das áreas.

Os maiores valores de ET+IP+A foram encontrados na bacia hidrográfica 140, a exceção do último período El Niño (Figura 4k). De outra maneira, ao comparar os valores de PT_a com a ET+IP+A de cada bacia hidrográfica, encontraram-se valores mais favoráveis a bacia hidrográfica 140 em todos os períodos do monitoramento.

A partir do primeiro período Normal os valores de ET+IP+A na bacia hidrográfica 140 foram superiores aos da bacia hidrográfica 80 e corresponderam a 80,2; 94,9; 82,1; 93,9; 82,1; 93,9 e 86,1%, da PT_a . Diante dessa análise, é possível inferir que a probabilidade de ter maior infiltração e armazenamento de água na bacia hidrográfica 140 é superior a da bacia hidrográfica 80. Tais observações se devem as considerações de Studart (2003) e Miranda *et al.* (2010) que consideram como 70% valores médios de retorno de toda água que entra no planeta para a atmosfera pela evapotranspiração.

Em relação aos períodos do monitoramento, os valores de ET+IP+A obtidos em La Niña foram superiores aos demais. Esses resultados se justificam em parte pelo incremento de radiação solar a partir de outubro estendendo-se até janeiro (Figura 3a). Embora não se tenha avaliado a evapotranspiração em separado, sabe-se que em períodos La Niña a radiação solar é mais intensa, há maior número de dias claros, o que contribui para a maior evapotranspiração quando comparado a El Niño.

Como já esgrimido, a maior interceptação vegetal das gotas da chuva foram observadas na bacia hidrográfica 140. De maneira geral, considerou-se a maior eficiência da

bacia hidrográfica 140 em reduzir o ES em função das áreas de matas, e em menor proporção à área ocupada pela cultura do milho. Dessa forma, a contribuição das variáveis mencionadas para a obtenção de maiores valores de ET+IP+A já seriam esperadas.

Em relação aos EPP registrados nas BH's esperava-se que as precipitações fossem semelhantes, o que não foi observado na totalidade dos períodos. As diferenças encontradas entre os EPP e a PT_a poderiam estar associadas a ocorrência de chuvas orográficas, essas, ocorrem em função da diferença de altitude entre os locais monitorados, das diferenças de relevo e da ação antrópica. Tais observações estariam alinhadas aos estudos de Forgiarini *et al.* (2013) na região monitorada, uma vez que, os autores nos anos de 2011 e 2012 encontraram precipitações orográficas em locais próximos aos das BH's. Contudo, a diferença de cotas entre as BH's é pequena. Dessa forma, as diferenças encontradas podem estar relacionadas às precipitações convectivas que ocorrem em pequenas áreas de bacias hidrográficas. Essas precipitações se dão em pequena intensidade e grande duração cobrindo pequenas áreas. Diante disso, uma das alternativas para melhor investigar as BH's pode ser o aumento do número de pontos amostrais, aumentando o número de pluviômetros distribuídos nas BH's.

Considerações finais

Diante da análise dos dados obtidos durante o período de monitoramento nas duas bacias hidrográficas do assentamento Alvorada em Júlio de Castilhos/RS, constatou-se que:

As bacias hidrográficas respondem diferentemente aos eventos climáticos Normal, La Niña e El Niño. Em períodos de El Niño observaram-se eventos de precipitação pluviométrica em maior número e mais intensos do que em períodos de La Niña em ambas as bacias hidrográficas.

O manejo adotado nas áreas de produção, assim como o manejo despendido aos animais, está contribuindo com o aumento da carga hidráulica nas bacias hidrográficas, que se intensifica em eventos de precipitação pluviométrica, considerados forte a muito forte, como naqueles registrados em El Niño. A manutenção dos animais em pastoreio nas áreas de lavoura, pastagens e nas áreas de preservação permanente, com frequência e pressão de pastejo elevada, estão favorecendo o aumento do escoamento superficial, e consequentemente, reduzindo à capacidade de armazenamento de água em ambas as bacias hidrográficas, até mesmo em eventos de menor precipitação pluvial como constatados sob o domínio La Niña.

Na bacia hidrográfica 80 a capacidade de resistir ao escoamento superficial, inclusive em eventos considerados moderados como aqueles verificados sob o domínio La Niña, é menor, consequentemente, há maior suscetibilidade ao desencadeamento dos processos

erosivos. Noutro sentido, na bacia hidrográfica 140 observou-se maior resistência hidráulica aos processos erosivos.

De maneira geral, obtiveram-se os maiores valores de escoamento de base na bacia hidrográfica 80, o que se deve a maior presença de áreas úmidas, bem como, sua disposição espacial. Essas observações permitem inferir que a regularização do fluxo de água é mais eficiente na bacia hidrográfica 80, podendo responder melhor a falta de água no solo em períodos de estiagens, como aqueles constatados principalmente em períodos sob o domínio La Niña. Todavia, o maior volume de água armazenado se dá na bacia hidrográfica 140 em função do menor escoamento superficial e do maior volume de água não erosiva, representada pela evapotranspiração + infiltração profunda + armazenamento.

Por fim, as ações antrópicas de manejo nas duas bacias hidrográficas não se apresentam adequadas em função do manejo de pastagens e de lavouras, assim como, do gado que adentra as áreas de preservação permanente. É necessário repensar o manejo, exploração e uso das áreas pelos agricultores assentados nas bacias hidrográficas. A começar pela limitação do acesso dos animais as áreas de preservação permanente, da mesma forma que, adotar boas práticas agrícolas como respeitar o tempo de descanso das forrageiras e a manutenção de cobertura vegetal, nas áreas de produção. O número de eventos de precipitação pluvial investigado nas bacias hidrográficas durante o domínio Normal, La Niña e El Niño não se apresentaram similares, da mesma forma que não apresentaram um padrão de ocorrência. Em períodos de maior precipitação pluvial como aqueles verificados sob o domínio El Niño, superiores a 468 mm, a bacia hidrográfica 140 apresenta maior eficiência em resistir à sobrecarga hidráulica do que a bacia hidrográfica 80. O maior volume de água não erosiva se encontra na bacia hidrográfica 140. Sob o domínio Normal, foram observados os maiores valores do escoamento de base em ambas às bacias hidrográficas.

Referências

AMADO, T.J.C.; PROCHNOW, D.; ELTZ, F.L.F. Perdas de solo e água em períodos de anomalias climáticas: “El Niño” e “La Niña” no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 26:819-827, 2002

AQUINO, R.F.; SILVA, M.L.N.; FREITAS, D.A.F. de; CURI, N.; MELLO, C.R. de; AVANZI, J.C. Spatial variability of the rainfall erosivity in Southern region of Minas Gerais State, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 5, p. 533-542, 2012.

ALENCAR, D. B. S.; SILVA, C. L.; OLIVEIRA, C. A. S. Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, p.103-112, 2006

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.P. Aplicações de estatística à climatologia. Pelotas: UFPel, 161p. 1996.

BERTOL, I.; BARBOSA, F.T.; FABIAN, E. L.; PEGORARO, R; ZAVASCHI, E; GONZÁLEZ, A.P.; VÁZQUEZ, E.V. Escoamento superficial em diferentes sistemas de manejo em um Nitossolo Háplico típico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 12, n.3, Campina Grande, 2008.

BERTOL, I.; GOBBI, E.; BARBOSA, F. T.; PAZ-FERREIRO, J.; GEBLER, L.; RAMOS, J. C.; WERNER, R. de S. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos Manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. **Revista Brasileira de Ciências Solo**, v.35, p.1421-1430, 2011.

BESKOW, S.; MELLO, C.R. de; COELHO, G.; SILVA, A.M. da; RIBEIRO VIOLA, M. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, núm. 1, enero-febrero, 2009, pp. 169-178

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; MARTINS, S. V.; SOARES, C. P. B. Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 249-256, mar. 2006.

CAPOANE, V.; SANTOS, D.R. dos. Análise qualitativa do uso e ocupação da terra no assentamento Alvorada, Júlio de Castilhos – Rio Grande do Sul. **Revista Nera – ANO 15**, n. 20, p. 193-205, jan-jun. 2012.

CERA, J.C.; FERRAZ, S. E.T. Variações climáticas na precipitação no Sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, 81 - 88, 2015

COLLISCHONN, W; TASSI, R. Interceptação. In: **Introduzindo hidrologia**. 5 ed. Rio Grande do Sul: IPH, 2008. cap. 6, p. 66-68.

FREITAS, J. P. O.; DIAS, H. C. T.; BARROSO, T. H. A.; POYARES, L. B. Q. Distribuição da água de chuva em Mata Atlântica. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 100-108, 2013.

HOLLANDA, M.P.; Cecílio, R.A.; CAMPANHARO, W.A.; ZANETTI, S.S.; ANDRADE, L.N.; GARCIA, G. de O. Avaliação do TOPMODEL na estimativa do escoamento superficial em microbacia hidrográfica em diferentes usos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.5, p.489–496, 2015.

HOLLANDA, M.P.de; CAMPANHARO, W.A.; CECÍLIO, R.A. Manejo de Bacias Hidrográficas e a Gestão Sustentável dos Recursos Naturais. In: MARTINS, L.D.; HANNAS, T.R.; VENTURA, R.C.M.O.; et. al. (Org.). Atualidades em desenvolvimento sustentável. Manhuaçu: **FACIG**, 2012, v. 1, p. 57-66.

MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E. Análise histórica das transformações da floresta Amazônica em áreas agrícolas na bacia do rio Suia-miçu. **Sociedade & Natureza**, v.20, n.1, p.5-24, 2008.

MARIOTI, J.; BERTOL, I; RAMOS, J.C.; WERNER, R. de S; PADILHA, J.; BANDEIRA, D.H. Erosão hídrica em semeadura direta de milho e soja nas direções da pendente e em contorno ao declive, comparada ao solo sem cultivo e descoberto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v.37, n.5. Viçosa, Sept./Oct. 2013

MATZENUERS, R. et al. Efeitos dos fenômenos climáticos sobre a evapotranspiração de referência na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.14, n.1, p.67-70, 2008.

MIRANDA, R. A. C. de; OLIVEIRA, M. V. S. de; SILVA, D. F. da. Ciclo Hidrológico Planetário: abordagens e conceitos. *Geo UERJ* - Ano 12, v.1, n.21, 1º semestre de 2010.

MISHRA, S.K.; SAHU, R.K.; ELDHO, T.I. & JAIN, M.K. An improved Ia-S relation incorporating antecedent moisture in SCS-CN methodology, *Water Resour. Management*, 20, 643–660, 2006.

MOURA, A.E.S.S. de; CORREA, M.M.; SILVA, E.R. da; FERREIRA, R.L.C.; FIGUEIREDO, A. de C.; POSSAS, J.M.C. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.3, p.461-469, 2009.

PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T.A.; VITORINO, A.C.T.; CARVALHO, D.F. de.; URCHEI, M.A. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.10, n.2, p.261-268, 2006

PINTO, L.V.A, ROMA, T.N. de, BALIEIRO, K. R. de C. AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA ÁGUA DE NASCENTES COM DIFERENTES USOS DO SOLO EM SEU ENTORNO. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 495-505, jul./set. 2012

PELLEGRINI, A. et al. Compactação do solo de uma pequena bacia hidrográfica do assentamento Alvorada, Júlio de Castilhos-RS. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, **Anais...** Santa Maria, 2010.

SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C. de; OLIVEIRA, L. F. C. de; GRIEBELER, N. P. Intensidade – duração-frequência de chuvas para o estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13 (suplemento), p.899-905, 2009

SAMPAIO, M. B.; GUARINO, E.S.G. Efeitos do pastoreio de bovinos na estrutura populacional de plantas em fragmentos de floresta Ombrófila Mista. **Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1035-1046, 2007.

SOUZA, F.S.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; AVANZI, J.C.; PINHO, R.G.V. & LIMA, G.C. Índice de cobertura vegetal pela cultura do milho no período de chuvas intensas no sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**. 34: 345-351, 2010.

SOUZA, R. M.S; SOUZA, E.S.de; ANTONINO, A.C.D.; LIMA, J.R.de S. Balanço hídrico em área de pastagem no semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. v.19no.5, Campina Grande, May, 2015.

TOGASHI, H. F.; MONTEZUMA, R. C. M.; LEITE, A. F. Precipitação incidente e fluxo de atravessamento das chuvas em três estágios sucessionais de Floresta Atlântica no maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro. **Revista Árvore**, v.36, n.5, p.907-917, 2012.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, VenTe (Ed.). **Handbook of applied hydrology: a compendium of water resources technology**. New York: Mc-Graw Hill, 1964. Section 4-II Part II, 4-39 – 4-75.

TUCCI, C. E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2002.

Recebido para publicação em 05 de fevereiro de 2016.

Devolvido para a revisão em 16 de março de 2017.

Aceito para a publicação em 16 de março de 2017.