

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS COMO FERRAMENTA PARA AUMENTO DA SEGURANÇA HÍDRICA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS SOB MUDANÇAS

João Pedro Coelho Belini¹; Marina Batalini de Macedo²; Eduardo Mario Mendiondo³; Cesar Ambrogi do Lago⁴

RESUMO – O presente trabalho estrutura-se como uma síntese das análises e resultados apresentados no relatório científico final de IC Fapesp. Nesse sentido, busca-se aqui discutir os dados de qualidade verificados em pontos específicos dos cursos d'água da área II do campus USP-São Carlos, como forma de panorama atual das condições atuais dessa porção da bacia urbana do Mineirinho. Em complemento, comparou-se os dados obtidos com as eficiências de tratamento do escoamento superficial verificadas pela utilização da técnica compensatória aplicada no campus, sendo o sistema considerado como ferramenta de gestão da qualidade dos recursos hídricos da área. Por fim, no trabalho propõem-se um PSA-Hídrico-MC, que considera ações e ferramentas a serem aplicadas em bacias urbanas, considerando-se os cenários de mudanças climáticas, com foco na segurança hídrica da mesma.

ABSTRACT – The present work is structured as a synthesis of the analyzes and results presented in the final scientific report of IC Fapesp. In this sense, the purpose is to discuss the quality data verified at specific points of the watercourses of area II of the USP-São Carlos campus, as a way of showing the current conditions of this portion of the Mineirinho urban basin. In addition, the data obtained with the efficiencies of the treatment of the surface runoff verified by the use of the compensatory technique applied in the campus were compared, being the system considered as a tool to manage the quality of the area's water resources. Finally, the paper proposes a PSA-Hídrico-MC, which considers actions and tools to be applied in urban basins, considering the scenarios of climate change, focusing on the water security of the same.

Palavras-Chave – LID, PSA, mudanças climáticas

INTRODUÇÃO

1) Escola de Engenharia de São Carlos, Av. Trab. São Carlense, 400, Parque Arnold Schmidt; (16) 3373-6600; joao.pedro.belini@usp.br

2) Escola de Engenharia de São Carlos, Av. Trab. São Carlense, 400, Parque Arnold Schmidt; (16) 3373-6600; marina_batalini@hotmail.com

3) Escola de Engenharia de São Carlos, Av. Trab. São Carlense, 400, Parque Arnold Schmidt; (16) 3373-6600; emm@sc.usp.br

4) Escola de Engenharia de São Carlos, Av. Trab. São Carlense, 400, Parque Arnold Schmidt; (16) 3373-6600; cesar-lago@hotmail.com

Considerando o escopo do projeto, assim como suas hipóteses e proposições referentes a manutenção dos recursos hídricos, no nível de provisão da água pela manutenção do sistema físico-ambiental que a proporciona – no caso a bacia hidrográfica, como a unidade básica de gerenciamento – salientam-se as soluções que consideram os aspectos e funcionamento dos ecossistemas naturais (SAFATLE, 2018). Tais soluções tem potencial para mitigar os impactos decorrentes das mudanças de uso e ocupação nas bacias hidrográficas, que afetam diretamente seu regime hidrológico, seja pela substituição de sua vegetação natural por culturas agrícolas ou alterações de ocupação da própria dinâmica urbana.

De acordo com Viola (2008), a complexa relação e interação entre a vegetação, o solo, o clima e o relevo de uma bacia são responsáveis pela dinâmica de seus processos hidrológicos. Adicionando-se a variável antrópica, responsável por alterar o meio na tentativa de adequá-lo a seus interesses, produzindo seu espaço geográfico, ocorrem modificações nesse sistema, o que afeta o regime hidrológico da bacia (COSTA, BOTTA & CARDILLE, 2003). Nesse sentido, considerando-se modificações no uso do solo – com supressão da vegetação natural, ocupação urbana, pecuária, culturas agrícolas, alterações no relevo, etc. –, ocorrem variações no regime de recarga dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, já que o escoamento superficial dentro da bacia passa a responder as mudanças ocorridas na interceptação da precipitação, evapotranspiração e condutividade hidráulica do solo (MUNOZ-VILLERS & McDONNELL, 2013; YAN et al., 2013). Por sua vez, em meio a ocorrência de alterações nas dinâmicas climáticas em escala local e global, salienta-se seu potencial efeito na distribuição espacial e temporal das variáveis hidrológicas do balanço hídrico, bem como na intensidade e frequência de eventos extremos de pluviosidade e seca (IPCC, 2007; TRENBERTH, 2006). Tais interferências no regime hidrológico da bacia, como alterações na produção e distribuição do escoamento superficial e por consequência na própria vazão dos sistemas hídricos, acabam por trazer danos não só aos espaços urbanos, mas principalmente aos ecossistemas provedores de alimento, abastecimento de água, geração de energia e outros que perfazem a bacia hidrográfica (CHRISTENSEN; LETTENMAIER, 2007).

Pensando na complexidade e nas problemáticas existentes dentro do ecossistema urbano, de suprimento, infraestrutura e manutenção social dos indivíduos, recorre-se cada vez mais a metodologias de análise e adequação decorrentes da observação da dinâmica natural do ambiente. Assim, tem-se os conceitos de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e Adaptações Baseadas em Ecossistemas (AbE) aplicados a realidade humana, principalmente urbana, que basicamente consideram práticas de atuação antrópica no meio baseadas em princípios e prerrogativas encontradas nos ecossistemas (KEESSTRA et al., 2018; SAFATLE, 2018). Como uma das soluções ou adaptações que consideram a dinâmica dos ecossistemas, destaca-se a aplicação dos Pagamentos por Serviços Ambientais, PSA (ANA, 2012). Dentre as variadas definições de PSA recorre-se aqui a proposta por Wunder (2005), segundo a qual os PSAs são transações voluntárias que carregam certa condicionalidade, já que consideram a compra de um serviço ambiental bem definido ou algum uso da terra que permita sua provisão por, pelo menos, um comprador de, pelo menos, um provedor: que deve garantir a provisão do serviço comprado. Dentro da realidade brasileira, o Programa Produtor de água (ANA, 2012) destaca-se como principal exemplo de aplicação do conceito. O programa baseia-se então no acordo com pequenos produtores rurais, que por suas ações conservacionistas

promovem a manutenção dos serviços hídricos na bacia – sendo recompensados pelas externalidades positivas produzidas. Basicamente, se consideram dois tipos de programas de PSA, os que consideram o pagamento aos prestadores de serviços pelos próprios usuários – geralmente os que obtêm maior êxito, devido a maior troca de informações, eficiência – e aqueles em que os prestadores são pagos por um terceiro agente, geralmente o governo (Pagiola e Platais, 2007; Engel *et al.*, 2008). Para ambos, a elaboração parte geralmente de uma adaptação da estratégia geral desses projetos, que seja condizente com a realidade local (PERU, 2010). Ainda de acordo com tal referência, estabeleceu-se a estrutura do PSA-Hídrico-MC a partir de três fases: Diagnóstico, para comparar as condições atuais com as desejadas e identificar os fatores críticos, a etapa de caracterização dos recursos hídricos do campus; Desenho, que determina quem serão os pagadores pelos serviços ambientais ou qual será o instrumento financeiro utilizado, além de estipular o arranjo institucional; Implementação do sistema, fase que congrega a execução e o monitoramento dos sistemas de PSA, sempre aliadas a avaliações de eficiência – gestão adaptativa, baseada nos preceitos da AbE.

Em síntese, como base para o PSA-Hídrico-MC, considerou-se a aplicação combinada dos conceitos de técnicas compensatórias, baseadas na premissa do Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto, ou LID, (FLETCHER *et al.*, 2014), como medida de Adaptação Baseada em Ecossistemas (EbA), visando a segurança hídrica de bacias urbanas sob mudanças: de uso do solo e climáticas (TAFFARELLO *et al.*, 2017). Ainda, relacionadas às técnicas compensatórias, LIDs, considerou-se a proposta de distinção das mesmas de acordo com as considerações feitas durante seu dimensionamento. Nesse sentido, distinguem-se as mesmas em três gerações: Primeira geração (1G), considerando apenas as variações de escoamento resultantes da mudança no uso e ocupação do terreno; Segunda Geração (2G), considerando tais alterações na produção de escoamento superficial e variações na componente de precipitação do balanço hídrico, causadas por influência de mudanças no clima; Terceira Geração (3G), considerando os mesmos princípios anteriores e adicionando ainda a busca pelo reuso da água produzida por essas estruturas, de modo a favorecer a bacia produtora ou seu entorno, considerando o Nexus “Água, Energia e Alimentos” (MACEDO *et al.*, 2017).

OBJETIVO

Propor um novo PSA-hídrico-MC como método de Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE), usando técnicas compensatórias de drenagem urbana, para a segurança hídrica frente a mudanças de longo prazo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 1 abaixo apresenta o fluxograma do roteiro metodológico aplicado ao longo do projeto, sendo os fluxos de ação discriminados na legenda conforme as etapas de desenvolvimento do mesmo.

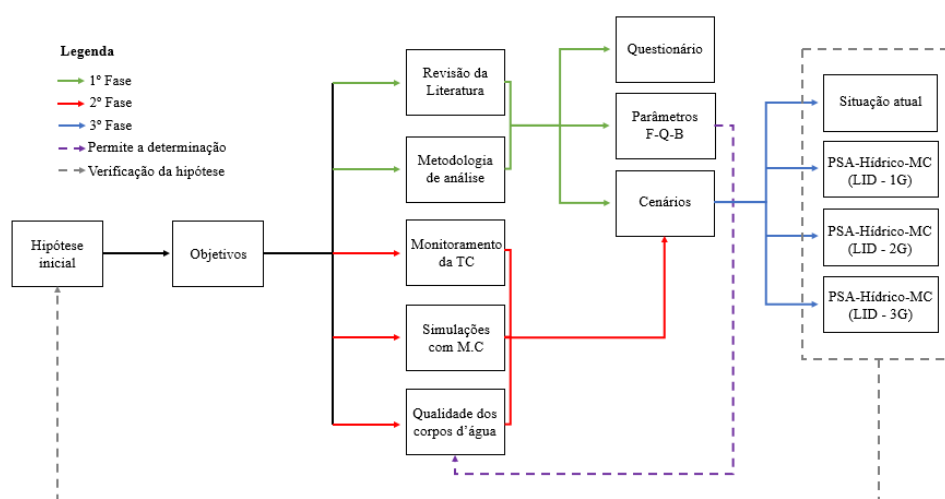


Figura 1. Fluxograma do roteiro metodológico considerado no projeto.

(Fonte: Autoria própria)

Como em toda pesquisa, o eixo norteador nesse caso foi a verificação da hipótese de pesquisa estabelecida inicialmente, que por sua vez motivou a determinação dos objetivos do projeto. Na sequência, buscando atender a esses objetivos, foram consideradas cinco frentes de trabalho: 1) Revisão da Literatura, dando base conceitual ao trabalho; 2) Metodologia de análise, na qual se estipulou a partir do item anterior quais parâmetros físico-químico-biológicos (F-Q-B) seriam adotados, bem como estipulou a obtenção de dados, considerando a aplicação do questionário e a análise dos resultados a partir de cenários; 3) Monitoramento da TC, para consideração dos dados de eficiência de tratamento qualitativo do escoamento, a serem usados na criação dos cenários; 4) Simulações de escoamento que chega a TC considerando Mudanças Climáticas (MC), úteis para a avaliação da degradação dos recursos hídricos do campus em cenários futuros; 5) Qualidade dos corpos d'água do campus, medida a partir dos métodos e ensaios de laboratórios de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Por sua vez, as bases conceituais e metodológicas estipuladas na 1º Fase do projeto, do qual deriva o relatório parcial anteriormente submetido, permitiram a formulação do questionário aplicado e a criação do plano de ação referente as coletas para caracterização dos recursos hídricos da bacia. Em complemento, a 2º Fase se baseou na organização dos dados de monitoramento e simulações já existentes da TC, bem como a realização das duas coletas de campo feitas no início do ano – as duas no verão, sendo a segunda antecedida por uma semana chuvosa. Na terceira e última fase do projeto foram então compilados os dados existentes e obtidos em laboratório, permitindo assim a construção dos cenários para comparação. Nesse sentido, partiu-se do cenário atual – determinado pelas condições do meio – em comparação com os cenários de vigência do PSA-Hídrico-MC, considerando as eficiências de tratamento do escoamento pela TC que depois chegam aos corpos d'água. Ainda, a partir dos dados de simulação para cenários futuros considerando MC, foi possível analisar os cenários de vigência do PSA-Hídrico-MC em complemento a com a geração de TCs aplicadas: Primeira (LID - 1G), segunda (LID - 2G) e terceira gerações (LID - 3G).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros de qualidade avaliados

Tal seção buscar, de forma compilada, discutir os resultados apresentados no relatório final da bolsa de IC Fapesp do autor. Nesse sentido, parte-se também dos parâmetros de qualidade dos corpos hídricos superficiais, de água doce, estipulados pela Resolução CONAMA nº 430 de 2011. A análise comparada entre os valores obtidos em campo e os limites estipulados pela legislação ambiental utilizada foi permitida pela construção da Tabela 1, que traz os parâmetros avaliados, os valores máximos encontrados e os pontos em que se foi verificada tal concentração. Ainda, apesar de conhecida a classe do córrego do Mineirinho, classe II, optou-se por considerar como referência também os limites de qualidade estipulados para corpos d'água de classe I, como forma de sempre buscar maximizar a qualidade do meio. Dessa forma, com a melhora das condições da água provida, melhora-se a qualidade do ecossistema aquático e diminuem-se os custos de eventuais tratamentos necessários para os usos antrópicos desse recurso – atividades agrícolas, industriais e, a depender da vazão disponível e qualidade, até mesmo o abastecimento humano.

Tabela 1. Comparação dos valores máximos obtidos nas coletas com o padrão de qualidade CONAMA nº430 de 2011 para corpos hídricos das Classes I e II.

Parâmetros	1ª Coleta		2ª Coleta		Limites - CONAMA 430/ 2011	
	Valor máximo	Ponto	Valor máximo	Ponto	Classe I	Classe II
Nitrito	0,303	12	0,130	5	1,0	1,0
Nitrato	5,11	1	4,95	1	10,0	10,0
pH (mín)	5,83	8	6,36	8	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
pH (máx)	7,65	5	7,64	12	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	10,33	4	34,50	2	40	100
Cor Verdadeira	144,5	3	206	2	Natural do rio	75
Fósforo	0,165	5	0,065	5 e 12	0,1	0,1
Nitrogênio Amoniacal	0,37	5	0,32	2	3,7 (pH ≤ 7,5)	3,7 (pH ≤ 7,5)
DBO	3,1	5	3,7	2 e 4	3	5
OD*	7,00	12	7,50	2	6	5
SDT	140	12	108	12	500	500
Cr	< 0,005	Todos	< 0,005	Todos	0,05	0,05
Cu	< 0,003	Todos	< 0,003	Todos	0,009	0,009
Pb	< 0,01	Todos	< 0,01	Todos	0,01	0,01
Mn	0,003	12	0,003	2, 10 e 12	0,1	0,1
Fe	0,987	3	1,49	2	0,3	0,3
Ni	< 0,008	Todos	< 0,008	Todos	0,025	0,025
Cd	< 0,0006	Todos	< 0,0006	Todos	0,001	0,001
Zn	0,044	5	0,104	1	0,18	0,18

*Os limites de OD são referentes aos valores de concentração mínima no corpo hídrico.

Fonte: Autoria própria.

Com relação aos resultados, tem-se que os valores de Nitrito, Nitrato, pH, Nitrogênio Amoniacal e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) ficaram dentro das respectivas faixas de qualidade estipuladas pela legislação, sendo que a maioria dos valores diminuiu na segunda coleta em função das chuvas. A Turbidez, por sua vez, apesar de estar compreendida entre os valores limites esteve próxima ao valor limite estipulado para Classe I, de 40 mg/L, na segunda coleta. Tal condição deve-se a maior turbulência da água nos dias anteriores a coleta, que possivelmente ressuspendeu o sedimento do leito, e pelo acréscimo de material trazido pelo escoamento superficial do terreno. Os

valores altos verificados para Cor Verdadeira têm a mesma explicação provável da apresentada anteriormente, para Turbidez.

Para o Fósforo, nas duas coletas, foi verificado valor superior ou muito próximo ao estipulado para os corpos d'água Classe I e II. Na segunda coleta, em função da maior vazão veiculada nos mesmos nos dias anteriores, permitiu diminuição da concentração de Fósforo no mesmo, mas mesmo assim tal valor esteve muito próximo ao estipulado pela legislação, de 0,1 mg/L. Ainda, para as duas coletas, o maior valor encontrado foi verificado no ponto 5, no ramo do córrego do Santa Fé, o que corrobora com outros trabalhos anteriores que já mostraram que tal afluente da bacia do Mineirinho é alvo de poluição externa – provável lançamento de esgoto proveniente do bairro Santa Angelina (BENINI, 2005). A origem desse fósforo pode então ser decorrente do uso de detergente nas residências, bem como de fertilizantes do entorno que são carreados pelo escoamento até os corpos hídricos da área. Por sua vez, para a DBO, os valores encontrados foram superiores ao limite de 3 mg/L estipulado para a Classe I, mas inferiores aos 5 mg/L estipulados para Classe II. Contudo, apesar do córrego principal da bacia ser Classe II, considera-se que como meta dentro da instituição do PSA-Hídrico-MC proposto a adequação dos corpos hídricos da bacia para Classe I de qualidade. O terceiro parâmetro a apresentar valor encontrado superior aos limites estipulados pela CONAMA nº 430 de 2011 foi o Ferro (Fe), verificando-se concentração cinco vezes maior a estipulada pela Resolução na segunda coleta – para o ponto 2. Tais valores superiores possivelmente estão alinhados a formação pedológica da área, com predomínio de latossolos formados com minerais ferrosos, que por sua vez liberam o metal no meio, que é carreado em decorrência do escoamento superficial na bacia. Para os outros metais, Cr, Cu, Pb, Ni, Cd, as concentrações encontradas foram todas menores que o branco utilizado no ensaio de quantificação. Para o Manganês (Mn) as concentrações encontradas foram menores que o limite estipulado, assim como para o Zinco (Zn), mas o valor deste na segunda coleta esteve próximo ao valor limite estipulado de 0,18 mg/L, sendo sua origem provavelmente ligada aos resíduos deixados próximos a nascente do córrego do mineirinho.

Curvas de permanência para cenários futuros com MC

As curvas de permanência construídas para análise de cenários futuros, com Mudanças Climáticas (MC), foram obtidas a partir dos dados de simulações do escoamento produzido na bacia do Mineirinho, pelo pesquisador Cesar Ambrogi Ferreira do Lago, que chegaria até a técnica compensatória instalada na área II do campus USP-São Carlos. Cabe destacar que as curvas construídas representam de 7 a 10% dos dados simulados, dentro da totalidade dos dados, já que não foram considerados os dados nulos na ausência de chuva e escoamento. Nesse sentido, os dados simulados utilizados, dos cenários RCP 4.5 e 8.5, foram os referentes as concentrações de fósforo. A escolha desse parâmetro deve-se aos resultados apresentados na Tabela 1 e os riscos de eutrofização dos ecossistemas aquáticos analisados. Ainda, para permitir as análises seguintes, o Quadro 1 fornece as eficiências de remoção da TC implantada.

Quadro 1. Dados da TC, uma biorretenção, instalada na área 2 do campus USP-São Carlos.

Eventos	DQO	COT	PO4	NO2	NO3	NH3	Fe	
25/08/2015	In (g)	408,89	118,36	1,44	0,10	16,47	171,73	
	Out (g)	132,15	35,26	0,42	0,04	32,39	117,93	
	Eff	67,7%	70,2%	70,8%	61,1%	-96,7%	62,7%	31,3%
27/08/2015	In (g)	176,47	67,44	0,72	0,08	6,80	5,28	71,05
	Out (g)	32,27	13,89	0,24	0,02	2,13	1,27	8,85
	Eff	81,7%	79,4%	66,9%	76,9%	68,7%	75,9%	87,5%
08/09/2016	In (g)	2698,31	1525,86	16,96	2,49	44,79	116,87	92,57
	Out (g)	1063,22	490,71	7,68	0,73	30,92	41,47	161,86
	Eff	60,6%	67,8%	54,7%	70,6%	31,0%	64,5%	-74,8%
29/09/2017	In (g)	28139,56	5580,13	147,98	43,90	18,01	58,67	378,01
	Out (g)	620,24	53,94	5,23	10,90	2,03	15,55	92,16
	Eff	97,8%	99,0%	96,5%	75,2%	88,7%	73,5%	75,6%
Eficiência média	77%	79%	72%	71%	63%	69%	65%	

Fonte: MACEDO (2017).

Fósforo

As simulações para o parâmetro indicam, para ambos os cenários RCP – Figura 2 e 3 –, que até 2100 a probabilidade de ocorrência de uma concentração de fósforo no escoamento que ultrapasse o limite de 0,1 mg/L – como estipulado pela CONAMA n° 430 de 2011 – é de apenas 2 %. Destacando-se novamente que as curvas representam apenas os dados com valores diferentes de zero, ou seja de 7 a 10% do total de dados simulados, verifica-se uma porcentagem ainda menor de ocorrência, na base dos 0,2%. Mesmo assim, a eficiência de um sistema de TCs, LIDs, instalada na área diminuiria ainda mais essa probabilidade de teor no escoamento, que atinge os corpos d'água.

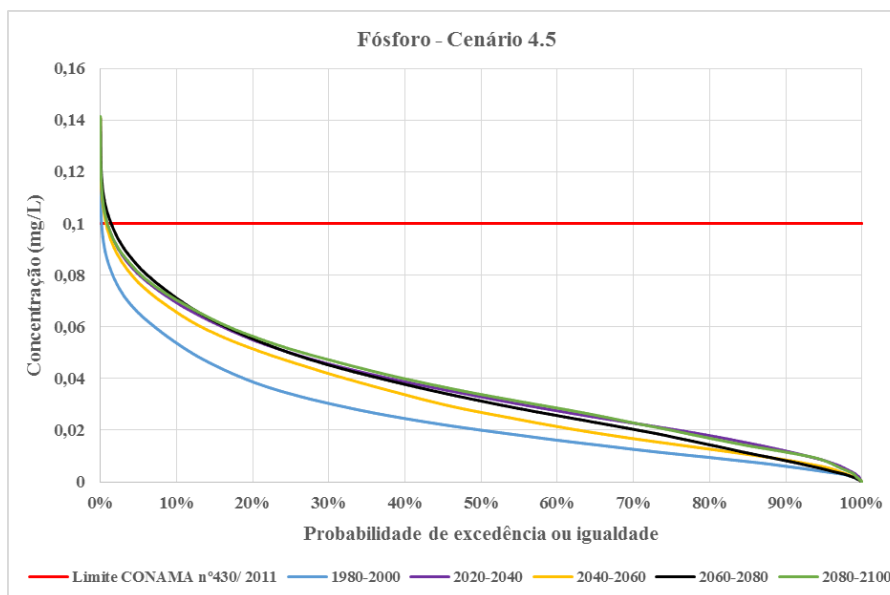


Figura 2. Curva de permanência do teor de fósforo no escoamento que chega a TC no cenário RCP 4.5. (Fonte: Autoria própria)

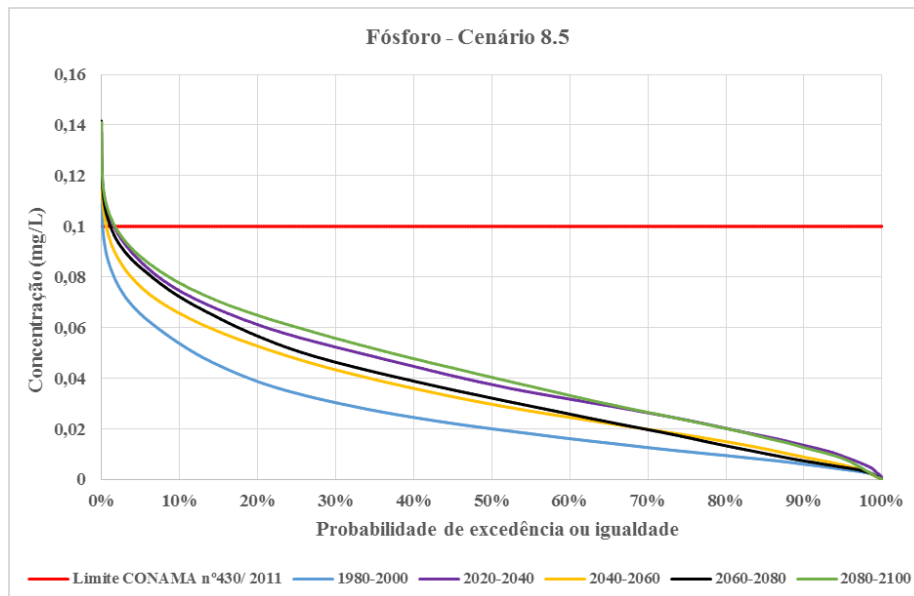


Figura 3. Curva de permanência do teor de fósforo no escoamento que chega a TC no cenário RCP 8.5. (Fonte: Autoria própria)

Estruturação do PSA-Hídrico-MC

A Figura 3 apresenta o esquema do PSA-Hídrico-MC proposto, bem como as relações existentes entre os agentes necessários para sua produção, implantação, monitoramento, manutenção e revisão.

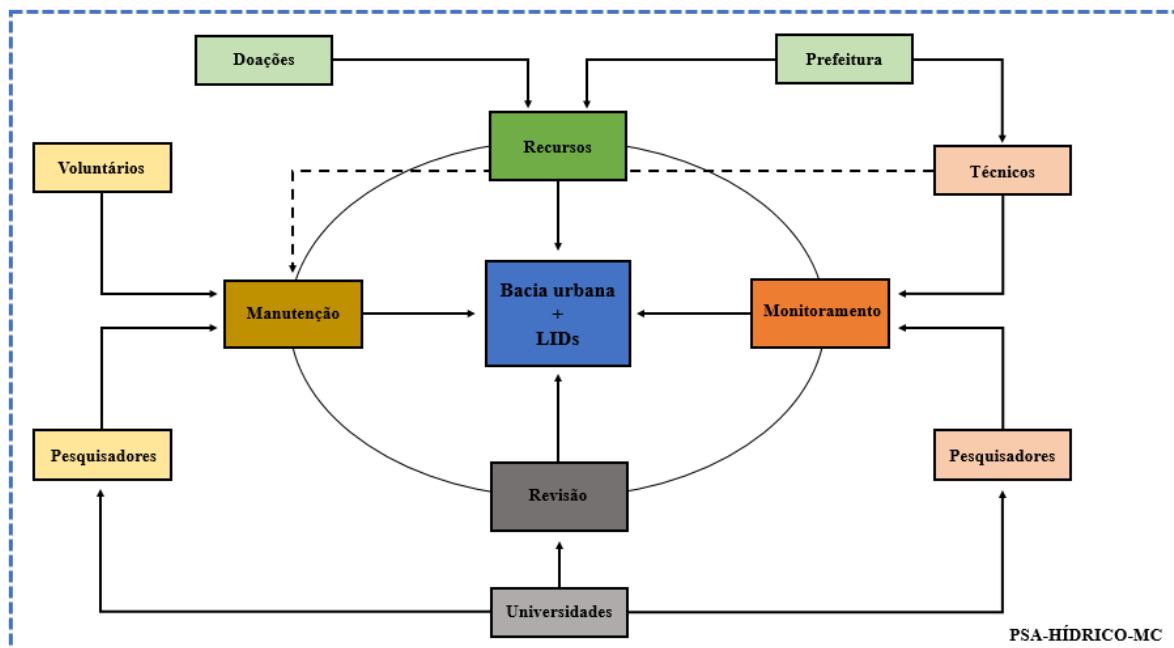


Figura 3. Esquema de estruturação, com os agentes envolvidos e fluxos, do PSA-Hídrico-MC proposto. (Fonte: Autoria própria)

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados nesse trabalho são uma síntese dos apresentados no relatório final da bolsa IC Fapesp vinculada. Mesmo assim, torna-se visível a pertinência da adoção das técnicas compensatórias, LID, como ferramentas dentro do PSA proposto para manutenção da qualidade ambiental da bacia produtora de água. Nesse sentido, a Tabela e o Quadro apresentado, bem como as curvas de permanência construídas permitiram a análise de cenários futuros de gestão da bacia urbana em meio as Mudanças Climáticas, sendo que a adoção dos sistemas LID se mostrou eficiente em tratar e diminuir o teor de poluentes que são carreados pelo escoamento até os corpos hídricos, potenciais provedores de água de qualidade para a segurança hídrica da bacia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP pela bolsa de iniciação científica fornecida, processo 2017/21.392-5, que possibilitou a escrita desse trabalho. Ainda, agradecem ao projeto temático Fapesp INCT-MC-II, processo 2014/50848-9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Manual Operativo do Programa Produtor de Água. 2. ed. Brasília, 2012. 84 p. Disponível em: <<http://produtordeagua.ana.gov.br/Documentos.aspx>>. Acesso em: 15 de abril de 2019.
- APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 edition. Washington: APHA, 2012. 1496 p.
- BENINI, R. M. Cenários de ocupação urbana e seus impactos no ciclo hidrológico na bacia do córrego do Mineirinho. 2005. 122p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Diário Oficial [da] União, Brasília, DF, 16 maio 2011, p. 89.
- CHRISTENSEN, N.; LETTENMAIER, D. P. A multimodel ensemble approach to assessment of climate change impacts on the hydrology and water resources of the Colorado River basin. *Hydrol Earth Syst Sci*, v. 11, p. 1417–1434, 2007.
- COSTA, M. H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J. A. 2003. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins river, southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, v. 283, p. 206-217.
- DA SILVA, G. C. et al. Avaliação da degradação ambiental na microbacia do Córrego Mineirinho, São Carlos-SP. 2014.
- ENGEL, S., S. PAGIOLA, and S. WUNDER. 2008. “Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues”. *Ecological Economics*, 65(4), pp.663-674.

- FLETCHER, Tim D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2014.
- IPCC. Climate Change. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.
- KESSTRA, S et al. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment*, v. 610, p. 997-1009, 2018.
- MACEDO, M. B. Otimização de técnicas compensatórias de drenagem urbana em clima subtropical. Dissertação, USP – EESC, São Carlos, 2017.
- MACEDO, M. B et al. LID Practice of Bioretention for Smart Cities: Integration with the Water, Energy, Food Nexus. Conference: XXII Simp. Bras. Rec. Hídricos, At Florianópolis-SC, ABRH/Aquacon, 2017.
- MORAVIA, W. G. Avaliação do tratamento de lixiviado de aterro sanitário através de processo oxidativo avançado conjugado com sistema de separação por membranas. Belo Horizonte, 2010. 262 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, MG, 2010.
- MUNOZ-VILLERS, L. E.; MCDONNELL, J. J. 2013. Land use change effects on runoff generation in a humid tropical montane cloud forest region. *Hydrological Earth System Science*, v. 17, p. 3543- 3560.
- PAGIOLA, S., and G. PLATAIS. 2007. Payments for Environmental Services: From Theory to Practice. Washington: World Bank.
- PERU. MINAM. Compensación por servicios ecosistémicos: Lecciones aprendidas de una experiencia demostrativa. Las microcuencas Mishiquiyacu, Rumiacu y Almendra de San Martín, Peru. Lima: Ministerio del Ambiente, 2010.
- TAFFARELLO, D. et al. Hydrological services in the Atlantic Forest, Brazil: An ecosystem-based adaptation using ecohydrological monitoring. *Climate Services*. 2017
- TAN, K.H. Principles of soil chemistry. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1993. 362 p.
- TRENBERTH, K. E. The Impact of Climate Change and Variability on Heavy Precipitation, Floods, and Droughts: Encyclopedia of Hydrological Sciences, 2006.
- SAFATLE, A. Respostas naturais para problemas humanos. P22_ON, 2018.
- URBONAS, B; STAHR, D. Stormwater: Best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.
- VIOLA, M. R. 2008. Simulação hidrológica na região Alto Rio Grande a montante do reservatório de Camargos/CEMIG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2008. 120p.
- WUNDER, S., 2005. Payments for environmental services: some nuts and bolts. Occasional paper No 42. CIFOR, Bogor.
- YAN, B.; FANG, N. F.; ZHANG, P. C.; SHI, Z. H. 2013. Impacts of land use change on watershed streamflow and sediment yield: an assessment using hydrologic modelling and partial least squares regression. *Journal of Hydrology*, v. 484, p. 26-37.