



Serviços Ecosistêmicos Urbanos: Fixação de Carbono nas Áreas de Preservação Permanente de Campinas-SP

Rodrigo Semeria Ruschel^I
Antônio Carlos Demanboro^{II}

 ^I Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPAM), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
Campinas/SP - Brasil.

 ^{II} Pontifícia Universidade Católica (PUC-CAMP).
Campinas/SP - Brasil.

Resumo: Este trabalho apresenta o potencial de fixação de carbono e provisão de serviços ecosistêmicos das Áreas de Preservação Permanente dos cursos d'água do município de Campinas-SP, com o objetivo de calcular o custo de abatimento de carbono e compará-lo com o valor comercializável de créditos de carbono na Bolsa de Valores. A metodologia baseou-se no uso de equações alométricas, visando calcular a biomassa seca acima do solo. Como resultado, obteve-se que a comercialização dos créditos cobriria até 46% dos custos de implantação dos projetos. Além da fixação de carbono, a recuperação das APPs dos cursos d'água proporciona serviços ecosistêmicos adicionais, que, ao serem contemplados na análise custo-benefício dos projetos, representam a maioria dos benefícios totais. Conclui-se que a inclusão dos benefícios adicionais mostrou-se fundamental para tornar a recuperação das APPs economicamente viável, gerando uma receita de US\$ 44 milhões, que corresponde a 98% do custo de implantação do projeto.

Palavras-chave: Serviços ecosistêmicos; reflorestamento; crédito de carbono; Valoração.

São Paulo. Vol. 23, 2020

Artigo Original

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170002r2vu2020L4AO>

Introdução

Embora desde sempre a espécie humana tenha se beneficiado dos serviços ambientais prestados pelos ecossistemas naturais, a preocupação com esta temática se acirrou a partir de meados do século passado, em função das eminentes perdas destes serviços como resultado das pressões antropogênicas sobre os ecossistemas (RARES; BRANDI-MARTE, 2014).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2014), a população urbana em 1950 era cerca de 746 milhões habitantes, o que representava 30% da população total mundial. Em 2014, esse número saltou para 3,9 bilhões de habitantes, atingindo 54%. No Brasil, 185,35 milhões de pessoas vivem em áreas urbanas, correspondendo a mais de 88% da população do país (ONU, 2016).

Para Santos (2014), um dos grandes desafios do planejamento urbano refere-se à conciliação entre o processo de desenvolvimento urbano e a conservação dos recursos naturais, através de estratégias que ofereçam condições de controle e reversão dos efeitos da degradação socioambiental, como no caso das inundações e ocupações irregulares em áreas de preservação.

O processo contínuo de urbanização gera paisagens cada vez mais homogêneas com alto grau de fragmentação de hábitat, causando a perda de biodiversidade, dos processos e das funções e dinâmicas ecológicas e, conseqüentemente, diminuição da disponibilização dos serviços ecossistêmicos (ALBERTI, 2010; MELLO et al., 2014).

Embora o uso dos serviços ecossistêmicos não tenha seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe na medida em que seu uso altera o nível de produção e consumo (bem-estar) da sociedade (MOTTA, 1997), e vai além do valor associado apenas às commodities proporcionadas por estes sistemas (DAILY, 1997).

Pode-se definir ecossistema como um sistema que compreende todo e qualquer organismo vivo (biota), seu respectivo ambiente não-vivo (abiótico) e todas as interações entre estes componentes do sistema, produzindo um fluxo de energia e ciclagem de materiais (COMMON; STAGL, 2005; DAILY, 1997; ODUM, 1988).

Segundo Daily (1997), os serviços ecossistêmicos são produtos da relação entre as condições, os processos e as espécies existentes em ecossistemas naturais, que sustentam e satisfazem a demanda do homem. Somado aos sistemas naturais, economicamente denominados como capital natural, Constanza et al. (1997) consideram a relação dos serviços ecossistêmicos com o estoque de capital humano e manufaturado, o que resulta em serviços garantidores do bem estar social.

Há ainda a necessidade de esclarecer a diferença entre serviços ecossistêmicos e serviços ambientais. O primeiro refere-se à contribuição da natureza para as sociedades, ou seja, os benefícios oferecidos pelos ecossistemas naturais que são usufruídos pelo ser humano. Enquanto o segundo refere-se às ações humanas que favorecem a conservação ou a melhoria dos ecossistemas e, como consequência, contribuem com a manutenção dos serviços ecossistêmicos fornecidos (MMA, 2018)

A espécie humana, embora meramente protegida de mudanças ambientais pela

cultura e pela tecnologia, depende fundamentalmente do fluxo dos serviços dos ecossistemas. Neste contexto, torna-se fundamental o estudo da dinâmica da geração dos serviços ecossistêmicos e suas interações com a sociedade, além dos impactos causados por atividades antrópicas e pelo crescimento econômico sobre a capacidade dos ecossistemas de gerarem tais serviços essenciais à vida.

Segundo Rares e Brandimarte (2014), vários destes serviços ganham grande relevância em áreas urbanas. Não somente pela dependência da população humana em relação a estes serviços, mas também ao fato de a maior proximidade com esta população significar grande ameaça à sua manutenção.

As Áreas de Preservação Permanente instituídas pelo Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/12) consistem em “espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa” (MMA, 2016).

Os efeitos indesejáveis do processo de urbanização sem planejamento, como a ocupação irregular e o uso indevido dessas áreas, tendem a reduzi-las e degradá-las cada vez mais. Com isso, necessita-se um aperfeiçoamento das políticas ambientais urbanas voltadas à recuperação, manutenção, monitoramento e fiscalização das APP nas cidades (MMA, 2016).

Sepe et al. (2014) vão além, sugerindo a necessidade de discussão de uma legislação específica de proteção de áreas de preservação permanente, revestidas ou não de vegetação, para áreas urbanas. Legislação esta que, ao mesmo tempo em que possibilite o reconhecimento das distintas realidades urbanas existentes no país, garanta a preservação e recuperação ambiental das áreas de APP, baseadas na identificação das funcionalidades prestadas por estas áreas.

Segundo Martins (2004), o potencial de sequestro de carbono de um ecossistema depende das espécies que o compõem, de suas estruturas e também da distribuição etária. Além disso, fatores como clima, tipo de solo e índice pluviométrico influenciam no processo de sequestro de carbono.

A biomassa fornece estimativas nos reservatórios florestais de carbono, pois aproximadamente 50% dela é carbono (MACKDICKEN, 1997; MARTINS, 2004; IPCC, 2006). A estimativa de biomassa e do potencial de fixação de carbono através de reflorestamento pode ser obtida através de métodos diretos, que implicam no abate e posterior pesagem do material vegetal recolhido, e métodos indiretos, onde são utilizadas equações alométricas e/ou imagens de satélite (MACKDICKEN, 1997; MARTINS, 2004; MELO; DURIGAN, 2006; SILVA et al., 2015).

Além do serviço de fixação de carbono, Constanza et al. (1997; 2014) apontam outros serviços ecossistêmicos proporcionados pelas matas ciliares, que geram um benefício de US\$ 5.382,00/ha.ano. Torna-se evidente a relevância dos serviços ecossistêmicos e suas interações com a sociedade, além dos impactos causados por atividades antrópicas e pelo crescimento econômico sobre a capacidade dos ecossistemas de gerarem tais serviços essenciais à vida.

A compensação de carbono, seja no mercado formal ou no mercado voluntário, é representada em tonelada de carbono equivalente (CO₂-eq). A escala de variação do preço do carbono é muito ampla, com preços variando de menos de US\$1/tCO₂-eq até US\$131/tCO₂-eq, sendo que 75% das emissões precificadas estão abaixo de US\$10/tCO₂-eq (IBRAHIM; KALAITZOGLU, 2016; PEREZ-VERDIN, 2016; WBG, 2016; ZAKERI et al., 2015).

Os mecanismos de mercado são afetados negativamente pelos baixos preços dos créditos de carbono no curto prazo, incertezas e crises econômicas, resultando em um volume negociado efetivo menor do que o potencial. Algumas medidas poderiam beneficiar esses mercados, contribuindo para uma maior eficiência, tais como: adoção de metas de redução mais ambiciosas, atingindo um número maior de países; melhorias nas regulamentações dos mercados; queda dos custos de transação; e ampliação das informações existentes (GODOY; SAES, 2015).

Para que a precificação de carbono seja uma ferramenta efetiva no cumprimento da meta estabelecida no Acordo de Paris, estima-se que o preço do carbono deveria alcançar uma faixa entre US\$80/tCO₂-eq e US\$120/tCO₂-eq até o ano de 2030 (IPCC, 2014).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo estimar o potencial de fixação de carbono das Áreas de Preservação Permanente, ao longo dos cursos d'água, inseridas no perímetro urbano do município de Campinas-SP, através da elaboração de diferentes cenários de reflorestamento. Ainda, calcula-se a viabilidade de implantação dos projetos de reflorestamento, utilizando-se dos recursos que seriam obtidos através da venda dos créditos de carbono gerados pelos projetos e dos benefícios proporcionados por serviços ecossistêmicos adicionais.

Estudo de caso – APPs urbanas de Campinas, SP

O município de Campinas e suas Áreas de Preservação Permanente

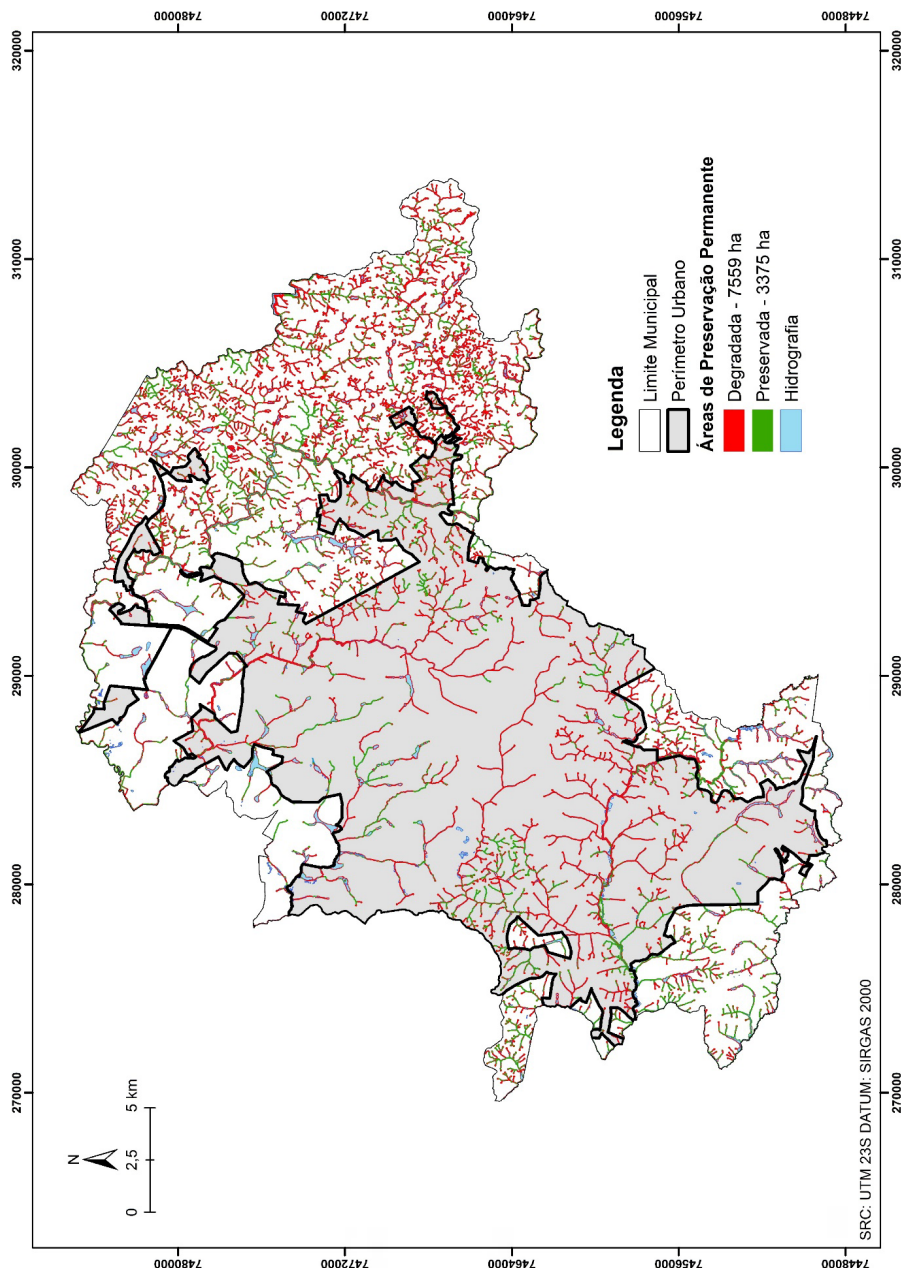
O município de Campinas está localizado no Estado de São Paulo, nas coordenadas geográficas 22°53'20" S e 47°04'40" O, a 680 metros acima do nível do mar, com uma precipitação média anual de 1.372 mm e temperatura média do ar de 21,4 °C. Segundo a classificação Köppen, o clima é do tipo Cwa, com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos (CAMPINAS, 2006; CEPAGRI, 2016).

Utilizando o software ArcGIS 10.1 e a partir dos arquivos em formato shapefile fornecidos pela Secretaria do Verde e Desenvolvimento Sustentável do município de Campinas, elaborou-se o mapa da Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água do município. A partir do limite do perímetro urbano, estas APPs foram caracterizadas em urbanas e rurais, sendo que estas encontram-se fora do perímetro e aquelas se inserem no mesmo. O mapa pode ser visualizado na Figura 1.

Campinas possui 10.594 hectares de APP ao longo dos cursos d'água, sendo que 7.579 hectares, cerca de 69%, apresentam algum estágio de degradação e somente 3.375 hectares são considerados preservados. No perímetro urbano, estão inseridos 3.733 hectares de APP, dos quais 2.763 encontram-se degradados.

Baseando-se no critério de classificação utilizado no Plano Municipal do Verde (CAMPINAS, 2016), no que diz respeito às classes de APPs Preservadas ou Degradadas, considerou-se que uma APP degradada é passível de reflorestamento.

Figura 1 - Áreas de Preservação de Campinas. Considera-se APP urbana aquela inserida no perímetro urbano e APP rural aquela que se encontra fora do perímetro.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Metodologia

Cálculo do potencial de fixação de carbono

Para a estimativa da fixação de carbono, adotou-se o método indireto, a partir de equações alométricas que determinam a biomassa seca acima do solo. As equações utilizadas, conforme validadas pelo IPCC para projetos de reflorestamento, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Equações utilizadas para cálculo da fixação de carbono.

| N | Equação | R ² | Autor |
|---|---|----------------|-----------------------|
| 1 | $Y = \exp(-1,996 + 2,32 \times \ln(\text{DAP}))$ | 0,89 | Brown (1997) |
| 2 | $Y = 34,4703 - 8,0671 \times \text{DAP} + 0,6589 \times \text{DAP}^2$ | 0,67 | Brown (1989); IPCC |
| 3 | $Y = \exp(-1,19829 + 1,98391 \times \ln(\text{DAP}))$ | 0,86 | Lacerda et al. (2009) |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Onde: Y = Biomassa seca acima do solo por árvore (kg); DAP = diâmetro a altura do peito (cm)

O valor de biomassa obtido nas equações é dividido por mil para se obter o resultado em toneladas. O valor em toneladas é então multiplicado por 0,50 para obter as toneladas de carbono orgânico (IPCC, 2006).

Para obtenção da estimativa de sequestro de carbono equivalente (CO₂-eq), aplica-se o fator de expansão de 3,67, a fim de obter o peso molecular de CO₂ (IPCC, 2006; PEARSON, 2005).

Para estimar o tempo de crescimento das mudas em cada classe diamétrica, utilizou-se a média do Incremento Médio Anual de DAP obtida no estudo de Ferreira et al. (2007), no valor de 1,10 cm/ano.

Cenários propostos

Para efeito de cálculo do potencial de fixação de carbono, considerou-se o valor de implantação de um hectare, que corresponde ao plantio de 1.667 mudas no espaçamento 3 x 2 metros. Com base nestes valores, estimados para um hectare, foram elaborados três cenários distintos, de acordo com o potencial de reflorestamento das APPs urbanas degradadas, sendo o Cenário 1 com 30% de potencial, o Cenário 2 com 60% de potencial e o Cenário 3 com 100% de potencial.

Para cada cenário, estabeleceu-se quatro classes diamétricas de DAP: 5 cm, 10 cm, 15 cm e 20 cm, simulando o crescimento das mudas de maneira uniforme e simultânea no tempo e espaço.

No Cenário 1, considera-se que o crédito de carbono seria vendido a US\$ 10/tCO₂-eq e os benefícios gerados por serviços ecossistêmicos seria de US\$ 5.382/ha.ano.

No Cenário 2, simula-se uma valorização de 41,4% do crédito de carbono, baseada nas análises de mercado, passando a um preço de venda de US\$ 14,14/tCO₂-eq. Com isso, o valor dos benefícios adicionais acompanha esta valorização, sendo cotados, portanto, a US\$ 7.610,15/ha.ano.

No Cenário 3, simula-se uma valorização de 50% em relação ao valor praticado no Cenário 2. Dessa forma, o crédito passaria a ser vendido por US\$ 21,21/tCO₂-eq e o benefício adicional seria cotado a US\$ 11.415,23/ha.ano.

Em todos os cenários estima-se o custo total de implantação do projeto e o total de fixação de carbono e de CO₂-eq, além dos benefícios gerados por serviços ecosistêmicos adicionais num período de 12 anos após o plantio atingir a classe diamétrica de 20 centímetros. Analisa-se a capacidade do município de Campinas em atender aos diferentes cenários. Esta análise baseia-se nos indicadores ambientais disponibilizados pelo município, são eles: arrecadação equivalente em firmamentos de compromissos ambientais e número de mudas plantadas no ano.

Comparou-se os valores obtidos pelas três equações para cada classe diamétrica. A partir desta comparação, adotou-se o menor valor obtido em cada classe. A Tabela 2 apresenta os valores obtidos pelas três equações.

Precificação do carbono

Com base em pesquisa de mercado e na experiência do autor em projetos de reflorestamento, o valor de referência de plantio utilizado foi de US\$ 9,73 por muda. Este valor engloba a elaboração do projeto de reflorestamento e aprovação junto ao órgão competente, a aquisição das mudas, mão-de-obra para plantio, adubação, roçada, tutores de bambu, elaboração do relatório de execução do plantio e uma manutenção inicial de dois anos. Este é o prazo mínimo estabelecido pela legislação municipal e é adotado em todas as compensações ambientais do município de Campinas.

Tabela 2 - Comparação da fixação de carbono e CO₂-eq. entre todas as equações utilizadas, com destaque àquelas utilizadas para a estimativa do valor associado.

| Área reflorestada (ha) | | 1 | | | |
|------------------------|---------|-------------------------------|-----------------------|--|----------------------------|
| Total de mudas | | 1,667 | | | |
| DBH(cm) | Equação | Biomassa acima do solo (t/ha) | Carbono fixado (t/ha) | Fixação de CO ₂ -eq. (t/ha) | Tempo de crescimento (ano) |
| | 1 | 9.478 | 4.739 | 17.391 | |
| 5 | 2 | 17.682 | 8.841 | 32.447 | 4.545 |
| | 3 | 12.252 | 6.126 | 22.483 | |

| | | | | | |
|----|---|---------|---------|---------|--------|
| 10 | 1 | 47.324 | 23.662 | 86.840 | 9.091 |
| | 2 | 32.822 | 16.411 | 60.228 | |
| | 3 | 48.466 | 24.233 | 88.935 | |
| 15 | 1 | 121.232 | 60.616 | 222.460 | 13.636 |
| | 2 | 102.881 | 51.441 | 188.787 | |
| | 3 | 108.339 | 54.169 | 198.802 | |
| 20 | 1 | 236.305 | 118.153 | 433.620 | 18.182 |
| | 2 | 227.859 | 113.930 | 418.122 | |
| | 3 | 191.713 | 95.856 | 351.793 | |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Uma vez definidos os valores de fixação de carbono e o custo de implantação de um hectare de reflorestamento, calculou-se o custo associado ao serviço ecossistêmico de fixação de carbono, considerando os menores valores obtidos entre as três equações, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Custo associado ao serviço ecossistêmico de fixação de CO₂-eq considerando uma taxa de câmbio do dólar americano de 3,40.

| Área reflorestada (ha) | | | | | 1 |
|--------------------------------|-----------------------|--|------------------------------|------------------------------|-----------|
| Total de mudas | | | | | 1,667 |
| Custo (US\$/muda) | | | | | 9.73 |
| Custo de implantação (US\$/ha) | | | | | 16,214.03 |
| DAP (cm) | Carbono fixado (t/ha) | Fixação de CO ₂ -eq. (t/ha) | Tempo de crescimento (years) | CO ₂ -eq (US\$/t) | |
| 5 | 4.739 | 17.391 | 4.545 | 932.31 | |
| 10 | 16.411 | 60.228 | 9.091 | 269.21 | |
| 15 | 51.441 | 188.787 | 13.636 | 85.89 | |
| 20 | 95.856 | 351.793 | 18.182 | 46.09 | |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Ressalta-se que, neste trabalho, limitou-se à simulação do desenvolvimento das árvores até um DAP de 20 centímetros, num intervalo de 18 anos. Entretanto, sabe-se

que as árvores continuam seu desenvolvimento, com espécies ultrapassando, facilmente, 30 centímetros de DAP (BROWN et al., 1989; MARTINS, 2004; MELO; DURIGAN, 2006; PREISKORN, 2011; TORRES et al., 2013). Como anteriormente mencionado, foram utilizados os menores valores obtidos entre as três equações, resultando em uma estimativa de fixação de carbono conservadora.

Considerando que 75% dos preços atribuídos ao carbono estão abaixo de US\$10/tCO₂-eq (WBG, 2016), fica claro que o custo de US\$46,09/tCO₂-eq, em um horizonte de aproximadamente 18 anos, seria um empecilho para viabilizar o projeto de reflorestamento com a finalidade de obtenção e venda de créditos de carbono. Os valores adotados de precificação de carbono estão dentro da faixa prevista por estudos de mercado e pesquisas (NORDHAUS, 2017; WBG, 2018).

Entretanto, Constanza et al. (1997, 2014) apontam que a prática de reflorestamento contribui com outros serviços ecossistêmicos após a formação de uma floresta. Estima-se que as florestas tropicais gerem benefícios da ordem de US\$ 5.382,00/ha.ano (CONSTANZA et al., 2014). Sendo assim, para analisar se o custo total do projeto de reflorestamento seria compensado pelo valor do crédito de carbono, somado aos benefícios dos demais serviços ecossistêmicos proporcionados por florestas consolidadas, e assumindo que o custo total de implantação do reflorestamento seja pago em uma única vez, pode-se aplicar a análise de custo benefício ao projeto.

Para tal, é necessário calcular o valor presente referente aos benefícios obtidos pelos serviços ecossistêmicos prestados pela floresta a partir do momento em que ela apresente um desenvolvimento satisfatório, capaz de garantir a real provisão de tais serviços. No caso deste trabalho, considera-se que a floresta é capaz de proporcionar os serviços adicionais somente a partir do momento em que as árvores atingem um DAP de 20 centímetros. O valor referente aos benefícios adicionais foi calculado em valor presente, para cada ano entre o período mencionado. Considerou-se uma taxa de juros anual relacionada ao risco de 10%, conforme sugerido por Valatin (2010).

Para calcular o valor total obtido pelos serviços ecossistêmicos adicionais, fixou-se um prazo de 30 anos de análise, conforme diretrizes estabelecidas pelo IPCC (2006) para projetos de reflorestamento com finalidade de obtenção de créditos de carbono. Portanto, foi considerado o período de 12 anos, entre o 18^o e 30^o ano.

Uma vez realizados os cálculos para o reflorestamento de um único hectare, aplica-se então a mesma metodologia para estimar os valores de fixação de CO₂-eq e o custo associado a este serviço ecossistêmico nos diferentes cenários de recuperação das Áreas de Preservação Permanente de Campinas. Ressalta-se que todas as estimativas serão realizadas com base na fixação de CO₂-eq para árvores com DAP de 20 centímetros, ao final de um período de 18 anos.

Resultados e discussão

Cenário 1 – 30% de potencial de reflorestamento de APPs

Considerando que o total de APPs urbanas que apresentam algum nível de degradação é de 2.763 hectares, um potencial de 30% de reflorestamento representa uma área de 828,90 hectares, a ser coberta por 1.381.776 mudas (1.667 mudas/ha). Considerando o valor de implantação de US\$ 9,73/muda, o custo total para recuperação desta área seria de US\$ 13.439.806,54.

Estima-se que neste cenário de reflorestamento, ao atingir a classe de 20 cm de DAP, seriam fixadas 291.601,324 toneladas de CO₂-eq. A partir desta classe diamétrica, considera-se que o reflorestamento atinge o máximo de fixação de carbono, onde a taxa de fotossíntese se iguala à taxa de respiração. Desse modo, o reflorestamento passaria a contribuir somente com os serviços ecossistêmicos adicionais, estimados em US\$ 5.382,00/ha.ano. Trazendo a valor presente o benefício total obtido entre o 18º e o 30º ano, seriam gerados US\$ 6.255.714,24 (vide Anexo III).

Segundo os dados oficiais da Secretaria do Verde e Desenvolvimento de Campinas - SVDS (disponíveis em <http://ambientecampinas.wixsite.com/cidadaniaambiental/maco-rindicadores>), no ano de 2015, o município firmou US\$ 8.037.352,94 em compromissos ambientais (Termos de Ajustamento de Conduta – TAC e Termos de Compromisso Ambiental – TCA) e plantou 67.471 mudas.

Entretanto, nem toda a verba referente aos compromissos foi direcionada ao plantio de árvores, pois os Termos de Ajustamento de Conduta, geralmente, contemplam outras medidas compensatórias que geram benefícios socioambientais, tais como: construção de praças, atividades de educação ambiental, oficinas de artesanato, dentre outras.

Portanto, para estimar o montante destinado exclusivamente para o plantio de mudas, utiliza-se o valor base de US\$ 28,27/muda, determinado pela própria secretaria na Resolução nº 04/2015 (CAMPINAS, 2015). Ressalta-se que o valor definido pela SVDS não reflete o valor praticado no mercado, sendo aquele quase três vezes maior que este.

Com isso, do montante de compromissos ambientais firmados em 2015, estima-se que somente US\$ 1.907.246,41 foram destinados exclusivamente à prática de reflorestamento, representando cerca de 24% do montante firmado.

Mesmo que o município direcionasse todo o montante arrecadado pelos compromissos ambientais para a prática de reflorestamento, não seria possível cobrir os custos de implantação das 1.381.776 mudas necessárias para atingir o cenário proposto.

Considerando o valor de mercado de US\$ 9,73/muda, o valor arrecadado em 2015 cobriria somente o plantio de 826.338 mudas, o que representa 60% do total de mudas que deveriam ser plantadas neste cenário.

Considerando que o município mantenha um plantio anual de 70.000 mudas por ano, seriam necessários 19,74 anos para que 30% das APPs urbanas de Campinas estivessem completamente cobertas com mudas, com base nas premissas adotadas neste cenário.

Uma alternativa para aumentar a arrecadação do município e viabilizar a recuperação das APPs em um tempo menor, seria a criação de um mercado para a comercialização dos créditos de carbono gerados pelos projetos de reflorestamento, o que estaria em consonância com a proposta atual do Green New Deal que propõe inovações significativas para endereçar as soluções relacionadas às mudanças do clima no mundo (USA, 2019), assim como novas tendências apontadas pelo Banco Mundial (WBG, 2018).

Neste caso, somente o município poderia negociar os créditos, uma vez que os projetos de reflorestamento são compulsórios, gerados a partir de um termo de compensação ambiental, o que não permite que o causador do dano ambiental seja beneficiado pela própria compensação. Entretanto, a municipalidade poderia se beneficiar da venda desses créditos em um mercado regularizado.

Sendo assim, supondo que o município comercialize o crédito no valor de US\$ 10,00/tCO₂-eq, seria gerada uma receita de US\$ 6.255.714,24, isto é, 21,70% do custo de implantação seria coberto pela venda dos créditos.

Somando-se o valor arrecadado pela venda dos créditos aos benefícios obtidos pelos serviços ecossistêmicos adicionais, estima-se que seriam recuperados US\$ 9.171.727,49, restando US\$ \$4.268.079,05 para recuperar o valor referente ao custo total de implantação do projeto.

Cenário 2 – 60 % de potencial de reflorestamento de APPs

Considerando que o total de APPs urbanas que apresenta algum nível de degradação é de 2.763 hectares, um potencial de 60% de reflorestamento representa uma área de 1.657,80 hectares, a ser coberta por 2.763.553 mudas (1.667 mudas/ha). Considerando o valor de implantação de US\$ 9,73/muda, o custo total para recuperação desta área seria de US\$ 26.879.613,08. Estima-se que, neste cenário de reflorestamento, ao atingir a classe de 20 cm de DAP, seriam fixadas 583.202,649 toneladas de CO₂-eq.

Para este cenário, considera-se uma valorização de 41,40% nos benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos adicionais. Esta valorização baseou-se no preço mínimo da tonelada de CO₂-eq, estimado em US\$80 a partir de 2030, a fim de tornar o mercado de carbono uma ferramenta adequada para reduzir os efeitos das mudanças climáticas (IPCC, 2014; WBG, 2018).

Considerando que este valor de crédito seja pago somente no 18º ano, é necessário trazê-lo a valor presente. Logo, a tonelada de CO₂-eq passaria a valer US\$ 14,14, em valores presentes.

Com isso, os serviços ecossistêmicos adicionais passariam a contribuir com US\$ 7.610,15/ha.ano. Portanto, para este cenário, estima-se um total de US\$ 17.691.164,53,00 em benefícios gerados pelos serviços adicionais.

A comercialização dos créditos gerados pelo reflorestamento geraria uma receita de US\$ \$8.246.485,45, considerando o valor de US\$ 14,14/tCO₂-eq. em valor presente. Esta receita cobriria 31% dos custos de implantação para recuperar 60% das APPs urbanas degradadas.

Somando-se o valor arrecadado pela venda dos créditos aos benefícios obtidos pelos serviços ecossistêmicos adicionais, estima-se que seriam recuperados US\$ 25.937.649,99, restando somente US\$ 941.963,10 para recuperar o valor referente ao custo total de implantação do projeto.

Novamente, para analisar a capacidade do município de Campinas em arcar com os custos do reflorestamento de 60% das APPs urbanas degradadas, utilizou-se o valor apresentado pela SVDS em 2015.

Conforme mencionado no Cenário 1, do montante de compromissos ambientais firmados em 2015, estima-se que somente US\$ 1.907.246,41 foram destinados exclusivamente à prática de reflorestamento, representando cerca de 24% do montante firmado.

A partir do total firmado em 2015, e considerando o custo de US\$ 9,73/muda, é possível plantar somente 826.338 mudas, o que representa somente 30% do total de mudas que deveriam ser plantadas neste cenário.

Considerando que o município mantenha um plantio anual de 70.000 mudas por ano, seriam necessários 39,48 anos para que 60% das APPs urbanas de Campinas estivessem completamente cobertas com mudas.

Cenário 3 – 100% de potencial de reflorestamento de APPs

Considerando que o total de APPs urbanas que apresentam algum nível de degradação é de 2.763 hectares, seriam necessárias 4.605.921 mudas (1.667 mudas/ha). Considerando o valor de implantação de US\$ 9,73/muda, o custo total para recuperação desta área seria de US\$ 44.799.355,14. Estima-se que, neste cenário de reflorestamento, ao atingir a classe de 20 cm de DAP, seriam fixadas 972.004,414 toneladas de CO₂-eq.

Para este cenário, considera-se uma valorização de 50% nos benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos adicionais. Esta valorização baseou-se no preço máximo da tonelada de CO₂-eq, estimado em US\$120, a fim de tornar o mercado de carbono uma ferramenta adequada para reduzir os efeitos das mudanças climáticas (IPCC, 2014).

Considerando que este valor de crédito seja pago somente no 18º ano, é necessário trazê-lo a valor presente. Logo, a tonelada de CO₂-eq passaria a valer US\$ 21,21.

Com isso, os serviços ecossistêmicos adicionais passariam a contribuir com US\$ 11.415,23/ha.ano. Portanto, para este cenário, estima-se um total de US\$ 44.227.930,71 em benefícios gerados pelos serviços adicionais.

A comercialização dos créditos gerados pelo reflorestamento geraria uma receita de US\$ 20.616.213,63, considerando o valor de US\$ 21,21/tCO₂-eq. em valor presente. Esta receita cobria 31% dos custos de implantação para recuperar 60% das APPs urbanas degradadas.

Somando-se o valor arrecadado pela venda dos créditos aos benefícios obtidos pelos serviços ecossistêmicos adicionais, estima-se que seriam recuperados US\$ 64.844.144,34. Portanto, neste cenário, o projeto de reflorestamento torna-se viável e também rentável, uma vez que o valor arrecadado é superior ao custo de implantação

em US\$ 20.044.789,20.

Considerando que o município de Campinas tem capacidade para plantar somente 826.338 mudas, isso representa somente 17,94% das 4.605.921 mudas que deveriam ser plantadas para cobrir 100% das APPs urbanas degradadas da cidade.

Considerando que o município mantenha um plantio anual de 70.000 mudas por ano, seriam necessários 65,80 anos para que 100% das APPs urbanas de Campinas estivessem completamente cobertas com mudas.

Comparação entre os Cenários

No Cenário 1, em que seriam recuperados somente 30% das APPs urbanas degradadas, a arrecadação pela venda dos créditos gerados cobriria somente 21,70% dos custos de implantação do projeto, representando um déficit de US\$ 4.268.079,05.

No Cenário 2, com uma valorização de 41,4% no valor do crédito de carbono, a arrecadação cobriria somente 30,68% do custo de implantação. Entretanto, com o aumento da área reflorestada obtém-se um ganho nos benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos adicionais, sendo que, conforme a metodologia aplicada, acompanham a valorização do crédito de carbono. Com isso, seriam gerados quase 26 milhões de dólares em benefícios adicionais, que, somados à arrecadação proveniente da comercialização dos créditos de carbono, reduziram o déficit para somente US\$ 941.963,10.

Já no Cenário 3, a situação se reverte, com o projeto tornando-se economicamente rentável. Neste caso, o montante arrecadado com a venda dos créditos de carbono representaria quase 50% dos custos de implantação; ao passo que os benefícios adicionais cobririam o restante dos custos e gerariam um superávit de mais de vinte milhões de dólares. No cenário 3, ainda que a comercialização dos créditos de carbono não fosse realizada, os benefícios adicionais dos serviços ecossistêmicos provenientes do reflorestamento gerariam uma receita de US\$ 44.227.930,71, o que corresponde a 98,72% do custo total de implantação. Isso mostra a relevância dos serviços ecossistêmicos adicionais a serem considerados neste tipo de projeto. Um resumo dos valores obtidos para cada cenário é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores obtidos em cada cenário para as APPs urbanas.

| Cenário | Potencial de reflorestamento | Total de área revegetada (ha) | Total de mudas | Tempo de implantação | Custo de implantação (US\$) | Toneladas de CO ₂ -eq fixadas | Benefícios por SE adicionais (US\$) | Arrecadação por venda de crédito (US\$) | % do custo | Benefício total SE + Crédito (US\$) | Diferença entre benefício total e custo de implantação (US\$) |
|---------|------------------------------|-------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|---|------------|-------------------------------------|---|
| 1 | 30% | 828.90 | 1,381,776 | 19.74 | 13,439,806.54 | 291,601.324 | 6,255,714.24 | 2,916,013.24 | 21.70% | 9,171,727.49 | -4,268,079.05 |
| 2 | 60% | 1,657.80 | 2,763,553 | 39.48 | 26,879,613.08 | 583,202.649 | 17,691,164.53 | 8,246,485.45 | 30.68% | 25,937,649.99 | -941,963.10 |
| 3 | 100% | 2,763.00 | 4,605,921 | 65.80 | 44,799,355.14 | 972,004.414 | 44,227,930.71 | 20,616,213.63 | 46.02% | 64,844,144.34 | 20,044,789.20 |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Conforme mostrado, mesmo com o aumento da área a ser reflorestada e a elevação do custo de implantação, os benefícios adicionais foram responsáveis por tornar o projeto viável. Entende-se que a fixação de carbono ocorre em um período de tempo determinado, conforme explicado neste trabalho. Já os serviços ecossistêmicos adicionais se mantêm por tempo indeterminado, desde que as florestas permaneçam em pé.

Para o cálculo do custo total de implantação do projeto de reflorestamento, foi utilizado o mesmo valor por muda em todos os cenários. Entretanto, sabe-se que no mercado existe a variação do preço conforme o número de mudas a ser plantado. Portanto, o custo total associado à implantação dos projetos poderia ser menor, caso fosse considerado o desconto progressivo.

Considerando que o município de Campinas direcionasse toda a arrecadação dos compromissos ambientais, com base nos valores de 2015, teria a capacidade de arcar com o plantio de somente 826.388 mudas, o que corresponde a 18% do total de mudas necessárias para recuperar todas as APPs urbanas degradadas.

Pode-se atribuir esta dificuldade do município em implantar projetos de reflorestamento devido ao valor de referência estabelecido em US\$ 28,27. Conforme mostrado, este valor é quase três vezes superior ao praticado no mercado, conforme a experiência do autor no mercado. Entende-se, portanto, que o valor de referência estabelecido busca arrecadar recursos para implantação de projetos de outra finalidade que não o reflorestamento.

Conclusões

No que diz respeito à viabilidade de restauração das APPs ao longo dos cursos d'água, observou-se que o município poderia se beneficiar com a criação de um mercado de crédito de carbono, no qual fossem comercializados os créditos gerados pelos reflorestamentos oriundos de compensações ambientais. Mostrou-se que a comercialização dos créditos cobriria até 46% dos custos de implantação dos projetos. Possíveis compradores

desse créditos seriam empresas que já estão no processo de certificação ambiental e buscam compensar suas emissões.

Através dos fundos levantados pela comercialização dos créditos de carbono, o município poderia incentivar projetos de plantio voluntário de mudas em condomínios e associações de bairros, através de campanhas publicitárias, oficinas temáticas e distribuição de material educativo. Ainda, novos profissionais poderiam ser contratados para aumentar o poder de fiscalização do município, sendo que este é um dos principais entraves da questão ambiental.

Entretanto, para a criação de um mercado de carbono, seria necessário implantar ferramentas que garantiriam a veracidade dos dados, assim como o desenvolvimento e fiscalização dos plantios. A rastreabilidade das informações é fundamental para evitar fraudes e identificar, de maneira eficaz, as responsabilidades de cada agente envolvido no projeto. Entretanto, estas medidas, provavelmente, acarretariam o aumento do custo dos projetos. Novamente, trata-se de uma sugestão de novas soluções para o mercado atual, baseando-se nas abordagens inovadoras propostas pelo Green New Deal. A criação de um mercado de carbono para que as municipalidades pudessem comercializar os créditos dos projetos realizados em seu território está completamente alinhada com estas abordagens inovadoras.

Além da fixação de carbono, a recuperação das APPs ao longo de cursos d'água proporciona serviços ecossistêmicos adicionais ao município, e que, se contemplados na análise custo-benefício dos projetos de reflorestamento, representam a maior porção dos benefícios totais. Conforme apresentado, os benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos adicionais tornaram o Cenário 3 rentável. Portanto, entende-se que a inclusão dos benefícios gerados pelos serviços ecossistêmicos adicionais mostrou-se fundamental para tornar a recuperação das APPs economicamente viável. Considerando o mesmo cenário, porém com uma taxa de juros de 12%, a viabilidade se mantém, mas com uma diferença entre benefício total e o custo total sendo reduzida de 20 milhões para 5 milhões de dólares. Considerando uma taxa de 5%, utilizada em projetos ao redor do mundo, a diferença seria de 105 milhões de dólares. Isso mostra o quanto a taxa de desconto influencia na rentabilidade de um projeto.

Cabe destacar que todos os projetos de reflorestamento apresentados neste trabalho seriam executados através de firmamentos de compromissos ambientais com agentes privados. A sugestão de comercialização dos créditos gerados por estes projetos seria uma ferramenta de arrecadação para o município, caso este se propusesse a utilizar o montante arrecadado para complementar a restauração das APPs. Entretanto, sabe-se que não é de interesse do município arcar com as despesas de manutenção destes projetos, especialmente em áreas privadas.

Ressalta-se que neste trabalho foram contempladas somente as APPs ao longo dos cursos d'água inseridos no perímetro urbano. Entretanto, as APPs inseridas nas áreas rurais do município também contribuem com serviços ecossistêmicos, principalmente na manutenção da qualidade e quantidade de água disponível nas nascentes dos cursos d'água. Portanto, fica a sugestão de se aprofundar nos estudos de recuperação ecológica

das APPs rurais e sua influência sobre o bem-estar da população.

É fundamental destacar a importância de programas governamentais e não-governamentais que financiam projetos de recuperação de APPs. Neste trabalho, não foram consideradas as contribuições destes projetos, pois se avaliou a viabilidade do município de Campinas em atender, de forma independente, à necessidade de restaurar suas APPs urbanas.

Referências

- ALBERTI, M. Maintaining ecological integrity and sustaining ecosystem function in urban areas. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v.2, n.3, p.178-184, 2010.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre o novo Código Florestal Brasileiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Legislativo, Brasília, DF, Seção 1, p. 1-8, 28 mai 2012.
- BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, Maryland, v.35, p.881-902. 1989.
- BROWN, S. Estimating biomass and biomass changing of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper, Rome, n.134, p.1-55, 1997. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/w4095e/w4095e00.HTM>> Acesso em: 12 de set. 2016.
- CAMPINAS. Plano Diretor do Município. 2006
- _____. Resolução nº 04 de 28 de abril de 2015. Dispõe sobre o valor da muda plantada. Diário Oficial do Município, Campinas, p. 26, 29 abr. 2015.
- _____. Secretaria Municipal do Verde e Desenvolvimento Sustentável. Plano Municipal do Verde: diagnóstico. Campinas: SVDS, 2016.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura. Campinas, SP. Disponível em <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_109.html> . Acessado em: 28 dez. 2016.
- COMMON, M.; STAGL, S. *Ecological Economics: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world 's ecosystem services and natural capital. *Nature*, Londres, v. 387, n. 6630, p. 253-260, mai. 1997.
- CONSTANZA, R. et al. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, Amsterdam, v. 26, p. 152-158, 2014.
- CONSTANZA, R.; CUMBERLAND, J. H.; DALY, H.; GOODLAND, R.; NORGAARD, R. B.; KUBISZEWSKI, I.; FRANCO, C.; *An introduction to Ecological Economics*. Estados Unidos, Florida: CRC Press, 2015.
- DAILY, G. C. (Ed.) *Nature's Services: Societal Dependence on natural ecosystems*. Washington, DC: Island Press, 1997.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Avaliação do crescimento de estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos, MG. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 177-185, 2007.

GODOY, S. G. M.; SAES, M. S. M. Cap-and-trade e projeções de redução de emissões: Comparativo entre mercados de carbono, evolução e desenvolvimento. *Ambiente e Sociedade*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 141-160, 2015.

IBRAHIM, B. M.; KALAITZOGLU, I. A. Why do carbon prices and price volatility change. *Journal of Banking and Finance*, Amsterdam, v. 63, p. 76-94, 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Japão: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2003.

_____. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Japão: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.

_____. Climate Change 2014: Synthesis Report. Suíça, Genebra: IPCC, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=350950&search=|infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>> Acesso em: 05 abr. 2016.

LACERDA, J. S.; COUTO, H. T. Z.; HIROTA, M. M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J. L. Estimativa da biomassa e carbono com plantios de essências nativas. *METRVM*, Piracicaba, n. 5, 2009.

MARTINS, O.S. Determinação do potencial de sequestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP. 2004. 161f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, 2004.

MELLO, K.; PETRI, L.; LEITE, E. C.; TOPPA, R. H. Cenários ambientais para ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 309-317, 2014.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 71, p. 149-154, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Áreas de preservação permanente urbanas. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/%C3%A1reas-de-prote%C3%A7%C3%A3o-permanente>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

_____. Serviços ecossistêmicos, 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#servi%C3%A7os-ambientais>>. Acesso em: 28 maio 2019.

MOTTA, R. S. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em <<http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-para-valoracao-economica-de-recursos-ambientais.pdf>> Acesso em 23 de maio de 2015.

NORDHAUS, W. Integrated Assessment Models of Climate Change. *NBER Reporter*, n. 3, 2017. Disponível em: <<https://www.nber.org/reporter/2017number3/nordhaus.html>>. Acesso em: 28 maio 2019.

ODUM, E.P. Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A, 1988.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. World Urbanization Prospects: Highlights. New York: Department of Economic and Social Affairs, 2014.

_____. Adoption of the Paris Agreement. Paris, 2015.

_____. Urban Data, 2016. Disponível em: < http://urbandata.unhabitat.org/data-country/?countries=BR&indicators=total_length_road,rural_population,urban_population_countries,urban_slum_population_countries,population > . Acessado em: 06 nov. 2016.

PEARSON, T.; WALKER, S.; BROWN, S. Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects. Biocarbon Fund, Winrock International, 2005.

PEREZ-VERDIN, G.; RIVERA-SANJURJO, E.; GALICIA, L.; DIAZ-HERNANDEZ, J. C.; TREJO-HERNANDEZ, V.; LINARES-MARQUEZ, M. A. Economic valuation of ecosystem services in Mexico: Current status and trends. *Ecosystem Services*, Amsterdam, v. 21, p. 6-19, 2016.

PREISKORN, G. M. Composição florística, estrutura e quantificação do estoque de carbono em florestas restauradas com idades diferentes. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, 2011.

RARES, C. S.; BRANDIMARTE, A. L. O desafio da conservação de ambientes aquáticos e manutenção de serviços ambientais em áreas verdes urbanas: o caso do Parque Estadual do Cantareira. *Ambiente e Sociedade*, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 111-128, 2014.

SANTOS, A. S. S. Diretrizes para implantação de sistemas de infraestrutura verde em meio urbano: Estudo de caso da cidade de Ribeirão Preto-SP. 2014. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, 2014.

SILVA, H. F.; RIBEIRO, S. C.; BOTLEHO, S. A.; FARIA, R. A. V. B.; TEIXEIRA, M. B. R.; MELLO, J. M. Estimativa do estoque de carbono por métodos indiretos em área de restauração florestal em Minas Gerais. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 943-953, dez. 2015.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; SOARES, C. P. B.; NETO, S. N. O.; SANTOS, R. D.; NETO, F. C. Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa-MG. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 37, n. 4, p. 647-655, 2013.

THE WORLD BANK: CLIMATE CHANGE - WBG. State and trends of carbon pricing. Washington, 2016.

_____. State and trends of carbon pricing. Washington, 2018.

USA. 116th Congress. H. Resolution 109: Recognizing the duty of the Federal Government to create a Green New Deal. 2019. Disponível em: <https://www.congress.gov/116/bills/hres109/BILLS-116hres109ih.pdf>. Acesso em: 29 maio 2019.

VALATIN, G. Forests and carbon: valuation, discounting and risk management. Forestry Commission Research Report. Forestry Commission, Edinburgh, 2010.

ZAKERI, A.; DEHGANIAN, F.; BEHNAM, F.; SARKIS, J. Carbon pricing versus emissions trading: A supply chain planning perspective. *International Journal of Production Economics*, Amsterdam, v. 164, p. 197-205, 2015.

- QADIR, M. et al. The challenges of wastewater irrigation in developing countries *Agricultural Water Management*, v. 97, n° 4, 2010, p. 561-568.
- RODRIGUES, M. L. et al. A Percepção Ambiental Como Instrumento de Apoio na Gestão e na Formulação de Políticas Públicas Ambientais. *Saúde e Sociedade*, São Paulo. V. 21, supl. 3, p. 96-110, 2012.
- SARAIVA, V. M. KONIG, A. Produtividade do capim-elefante-roxo irrigado com efluente doméstico tratado no semiárido potiguar e suas utilidades. *HOLOS*, ano 29, v. 1, 2013.
- SCHAER-BARBOSA, M; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. *Ambiente & Sociedade*, v. XVII, n. 2, p. 17-32, abr.-jun. 2014.
- SECRETARIA DE SAÚDE PÚBLICA DO ESTADO DO RN (SESAP): Boletim Epidemiológico. Disponível em: <<http://www.saude.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=7549&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=Boletins+Epidemiol%F3gicos>>. Acesso em: 19 dez. 2017.
- SOUSA, J. T. et al. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1, p. 89-96, 2006.
- SUESS, R. C.; BEZERRA, R.G.; SOBRINHO, H.C. Percepção ambiental de diferentes atores sociais sobre o lago do abreu em Formosa – GO. *HOLOS*, Ano 29, v. 6, p. 241-258, 2013.
- TELLES, D.D. ; COSTA, R.H.P.G. Reúso da água: Conceitos, teorias e práticas. São Paulo: Blucher, 2. ed., 2010.
- TOEBE, C. S. et al. Consciência ambiental: o olhar dos filhos de produtores rurais e dos descendentes de cursos vinculados às atividades rurais. XX Jornada de Pesquisa – UNIJUI, Porto Alegre, 2015.
- TOMAZ, P. Água: pague menos (livro eletrônico). 1ª ed. O autor. 2010, 137p. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_pague_menos/livro_pague_menos.pdf>. Acesso em 24 abr. 2017.
- TUAN, Yi-Fu. Topofilia – Um Estudo da Percepção, Atitudes e valores do Meio Ambiente. São Paulo: Difel, 1980. 288p.
- UCKER, F. E.; et al. Elementos interferentes na qualidade da água para irrigação. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*. v. 10, n. 10, p. 2102-2111, jan/abr. 2013.
- URBANO, V.R. Aplicação de água de reúso tratada no cultivo de alface (*Lactuca Sativa* L.). Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos – São Carlos, 2013, 87p.
- VON SPERLING, M. V.; CHERNICHARO, C. A. L. *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions*, (Vol. 1). IWA Publishing, London, UK, 2005, 1496p.
- WHYTE, A. 1978. La perception de L'environnement: lignes directrices méthodologiques pour les études sur le terrain. Notes techniques du MAB 5. Paris: UNESCO, 134 p.

Rodrigo Semeria Ruschel

✉ r211675@dac.unicamp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8502-165X>

Submetido em: 17/05/2017

Aceito em: 20/01/2020

2020;23:e00022

Antônio Carlos Demanboro

✉ ademanboro@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4708-9714>

Como citar: RUSCHEL, R. M.; DEMANBORO, A. C.. Serviços Ecológicos Urbanos: Fixação de Carbono nas Áreas de Preservação Permanente de Campinas-SP. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 23, p. 1-20, 2020.

Servicios ecosistémicos urbanos: fijación de carbono en las áreas de preservación permanente de Campinas-SP

Rodrigo Semeria Ruschel
Antônio Carlos Demanboro

São Paulo. Vol. 23, 2020

Artículo original

Resumen: La reutilización es una práctica creciente en Brasil, dada su relevancia para minimizar la escasez de agua. Sin embargo, las consecuencias ambientales y su sostenibilidad no se han dilucidado, siendo el análisis de percepción del riesgo un punto de partida para comprender tales preocupaciones. El objetivo de este estudio fue evaluar el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la aplicabilidad de la reutilización de aguas residuales y su influencia en la calidad de vida de la población de Parelhas y Pedro Velho, respectivamente. A partir de los resultados, se encontró un gran rechazo al funcionamiento de las estaciones asociado con los impactos producidos como olor y la proliferación de mosquitos, que implican problemas económicos, sociales y de salud pública. En cuanto a la reutilización, predominó la aceptación para el riego de cultivos. Se enfatiza la necesidad de más investigación para diagnosticar los riesgos ambientales derivados.

Palabras-clave: Servicios de los ecosistemas; reforestación; créditos de carbono; valoración.

Como citar: RUSCHEL, R. M.; DEMANBORO, A. C.. Servicios ecosistémicos urbanos: fijación de carbono en las áreas de preservación permanente de Campinas-SP. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 23, p. 1-18, 2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170002r2vu2020L4AO>

Urban Ecosystem Services: Carbon Fixation in the Permanent Preservation Areas of Campinas-SP

Rodrigo Semeria Ruschel
Antônio Carlos Demanboro

São Paulo. Vol. 23, 2020
Original Article

Abstract: The reuse is a growing practice in Brazil, given its relevance in minimizing the water scarcity. However, the environmental consequences and its sustainability have not been completely elucidated, being the risk perception analysis a starting point for understanding such concerns. In this perspective, the aim of this study was to evaluate the operation of Sewage Treatment Plants, the applicability of sewage reuse, and its influence on the quality of life of the population of Parelhas and Pedro Velho, counties of the semiarid and northeastern coast, respectively. From the results, it was found a great rejection in the operation of the stations, associated with the impacts produced such as odor and proliferation of mosquitoes, which imply economic, social and public health problems. Regarding reuse, acceptance is predominant for irrigation of crops for human and animal use. We emphasize the need for further research to diagnose the environmental risks arising from this activity.

Keywords: Ecosystem services; reforestation; Carbon credits; Valuation.

How to cite: RUSCHEL, R. M.; DEMANBORO, A. C.. Urban Ecosystem Services: Carbon Fixation in the Permanent Preservation Areas of Campinas-SP. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo, v. 23, p. 1-18, 2020.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170002r2vu2020L4AO>