

Análise espacial aplicada à valoração de serviços ecossistêmicos da agricultura: exemplo do café em Machadinho d'Oeste, RO^{1, 2}

João Alfredo de Carvalho Mangabeira, Sérgio Gomes Tôsto, Ademair Ribeiro Romeiro e Célia Regina Grego

O Município de Machadinho d'Oeste surgiu a partir de um assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra-PA) em Machadinho em 15/2/1982, como parte do Programa Polonoeste, e contou com um total de 2.934 famílias assentadas. Com um traçado diferenciado em relação aos demais projetos implantados na Amazônia, o Projeto Machadinho foi planejado de modo que todos os produtores tivessem acesso a água e que as reservas florestais em cada lote permanecessem em blocos fora das propriedades.

Em 1984, como forma de compreender os antecedentes desse projeto, pesquisadores da Embrapa visitaram o já criado Projeto Machadinho, que apresentava uma infraestrutura mínima para a colonização agrícola, tal como estradas, núcleos urbanos de apoio, projeto fundiário implantado e lotes demarcados. O primeiro levantamento de caracterização das propriedades foi realizado em 1986 e repetido também em 1989, 1993, 1996, 1999, 2002, 2005 e em 2008 (MANGABEIRA et al. 2005; MANGABEIRA, 2010).

A cada levantamento, foram aplicados questionários com aproximadamente 250 variáveis socioeconômicas e ambientais. O uso das terras foi monitorado por imagens de satélite com diferentes resoluções espaciais e diferentes escalas de trabalho, e os dados foram armazenados em um banco de dados georreferenciados.

As fichas de levantamento foram desenvolvidas pelos técnicos da Embrapa Monitoramento por Satélite, da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) de Machadinho d'Oeste e por técnicos agrícolas autônomos. A última campanha de levantamento ocorreu em outubro de 2008.

Os resultados da pesquisa realizada até então em Machadinho d'Oeste indicam que vários sistemas de produção são beneficiados pelos serviços ecossistêmicos prestados pelas matas, tais como regulação biológica, retenção de solo, redução da erosão, polinização, oferta de água, entre outros.

¹ Baseado em: MANGABEIRA, J. A. de C.; ROMERO, A. R.; TOSTO, S. G.; GREGO, C. R. *Valorização de serviços ambientais das matas para a agricultura: exemplos do café em Machadinho d'Oeste, RO*. Portal Ecodebate, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2010/12/22/valorizacao-de-servicos-ambientais-das-matas-para-a-agricultura-exemplo-do-caffe-em-machadinho-d-oeste-ro/>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

² Os autores agradecem o apoio recebido do CNPq.



Duas hipóteses científicas foram testadas neste trabalho: 1. As propriedades agrícolas, independentemente de estarem perto das reservas florestais em blocos, capitalizaram-se pelos padrões tradicionais de acumulação dos sistemas agrários. 2. Há dependência espacial nos padrões de acumulação de capital das propriedades perto das matas, por terem maior oferta ou disponibilidade de serviços ecossistêmicos.

A geoestatística é a maneira mais correta e contém as ferramentas ideais para analisar dados com dependência espacial, ou seja, cujos vizinhos próximos são mais semelhantes entre si que aqueles separados por distâncias maiores. A condição absoluta para o uso de geoestatística é a disponibilidade das coordenadas geográficas da posição de onde as amostras foram retiradas. Sem o conhecimento das coordenadas dos pontos onde foram efetuadas as medidas, sejam elas obtidas por GPS, por métodos topográficos, como distâncias a partir de uma origem arbitrária, ou qualquer outro método, não é possível fazer uso da geoestatística.

O uso da geoestatística, na maioria das vezes, fica restrito aos pesquisadores da área de solos, mas, com o intuito de correlacionar outros dados e analisar a distribuição espacial de variáveis numéricas, Mangabeira et al. (2005) pesquisaram a relação entre produtividade agrícola e tipologia de solos para o Projeto de Machadinho d'Oeste (RO) utilizando dados de 1999 da produtividade agrícola dos três principais sistemas de cultivo (café, milho e arroz). Outros trabalhos foram desenvolvidos nessa linha metodológica, como o de Grego et al. (2007). O trabalho de Gomes et al. (2009) também fez uso da geoestatística, e propôs o uso de modelos de análise de envoltória de dados (DEA) para avaliar a distribuição espacial da eficiência de agricultores familiares na forma do uso da terra.

O objetivo principal deste trabalho foi o de estabelecer uma relação entre as dinâmicas espacotemporal, numéricas e cartográficas e o nível de capitalização dos sistemas de produção de base familiar em um modelo de assentamento agrícola diferenciado em Machadinho d'Oeste-RO. A partir dessa relação, procurou-se detectar a existência de serviços ecossistêmicos prestados pela floresta tropical para a agricultura e para os agricultores dessa região.

Material e métodos

Localização e caracterização da área de estudo

O Município de Machadinho d'Oeste localiza-se entre os municípios de Ariquemes e Jaru, distanciados aproximadamente 400 km da capital do Estado de Rondônia, Porto Velho, entre as coordenadas geográficas 61°47' e 63°00' de longitude WGr e 9°19' e 10°00' de latitude S (Figura 1).

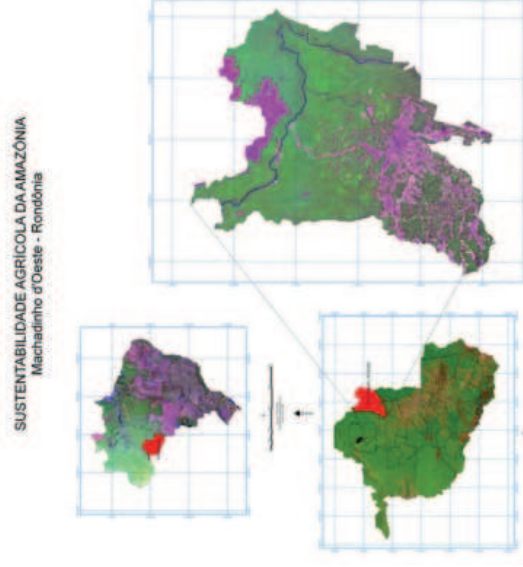


Figura 1. Localização geográfica da área.

Machadinho foi um projeto de assentamento com um traçado arquitetônico e institucional diferenciado quando comparado a iniciativas anteriores na Amazônia. Os lotes foram definidos de acordo com aspectos topográficos ligados aos divisores de água. A rede viária foi construída ao longo das curvas de nível, facilitando sua manutenção e permitindo o acesso de todos os agricultores a água ao incluir um riacho no fundo de cada propriedade. O traçado baseado na topografia foi combinado com um traçado institucional alternativo baseado nas reservas florestais. O assentamento inclui 16 reservas comuns (compartilhadas) de tamanhos diferentes, as quais perfazem 33% do total da área assentada, com direito de uso por parte dos seringueiros. As reservas foram criadas para atingir objetivos ecológicos, econômicos e sociais. Do ponto de vista ecológico, áreas florestais maiores poderiam ser preservadas sob níveis mais baixos de fragmentação. Do ponto de vista econômico, os agricultores poderiam usar toda a extensão de suas propriedades sem restrições legais, já que a preservação dentro das reservas comunitárias estava assegurada. Do ponto de vista social, os seringueiros, que habitavam 90 colocações distribuídas pelo assentamento, teriam seu meio de vida assegurado (BATISTELLA, 2001).

Amostragem

A partir de uma amostra casual simples, foi selecionada, em 1986, uma amostra de cerca de 20% dos 2.934 lotes rurais existentes nas quatro glebas implantadas do antigo projeto de colonização do Incri (Gleba 1, Gleba 2, Gleba 3 e Gleba 6). Esses mesmos lotes foram avaliados nos anos de 1986, 1989, 1993, 1996, 1999,

2002, 2005 e 2008. Os produtores foram entrevistados quanto à estrutura dos sistemas de cultivo e criação em suas propriedades e, em 2008, as entrevistas foram auxiliadas por um levantamento do uso das terras para cada lote pesquisado por intermédio de imagem dos satélites ALOS e SPOT. Cada entrevistador levou consigo um recorte da imagem de satélite e, em conjunto com o produtor, elaborou o mapa de uso, facilitando o levantamento dos dados posteriores e garantindo coniaça e precisão aos dados (Figura 2 a e b).

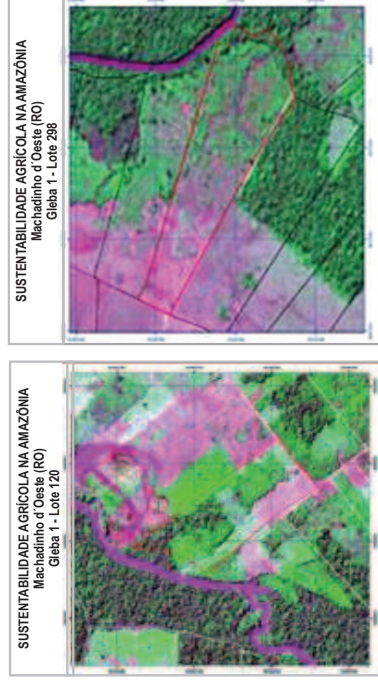


Figura 2. Imagem de satélite: a) ALOS, de um lote delimitado em vermelho; b) SPOT 5, do lote em vermelho.

Entre lotes não ocupados ou atribuídos, foi consolidada uma base inicial de 463 agricultores. Dos 463 lotes estudados, somente 351, em 2008, foram considerados válidos para pesquisa, pois foram encontrados 62 lotes abandonados e 50 lotes que foram anexados e caracterizaram-se como fazendas dentro do projeto. Isso demonstra uma taxa de ocupação de aproximadamente 76% de lotes ocupados e em produção em Machadinho d'Oeste, RO.

O desenho diferenciado e as reservas em blocos

A Amazônia apresenta atualmente variedade de arquiteturas de assentamentos e complexos fundiários. Esse mosaico de situações espaciais inclui os famosos assentamentos “espinha de peixe”, áreas de colonização espontânea ou desordenada, grandes projetos agropecuários, assentamentos com desenho baseado na topografia, sistemas radiais, entre outros. Diferentemente, Machadinho d'Oeste foi contemplado com uma nova iniciativa, que incorporou uma rede viária hierarquizada que levou em conta a topografia e a rede hidrográfica, e que contemplou os atores locais com um modelo institucional diferenciado, combinando lotes privados com reservas florestais comuns (Figura 3). A rede viária, respeitando características de relevo e hidrografia, permite o acesso aos lotes mais remotos (BATISTELLA, 2001).

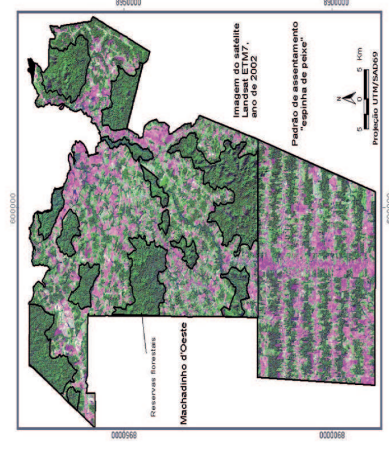


Figura 3. Arquitetura de dois tipos de projetos de assentamento em Rondônia: Machadinho d'Oeste, com desenho baseado na topografia, e Vale do Anari, com desenho ortogonal, também conhecido como “espinha de peixe”. Fonte: Batistella (2001).

As reservas florestais têm permanecido relativamente preservadas (Figura 4a e b), criando a possibilidade de geração de serviços ecossistêmicos.

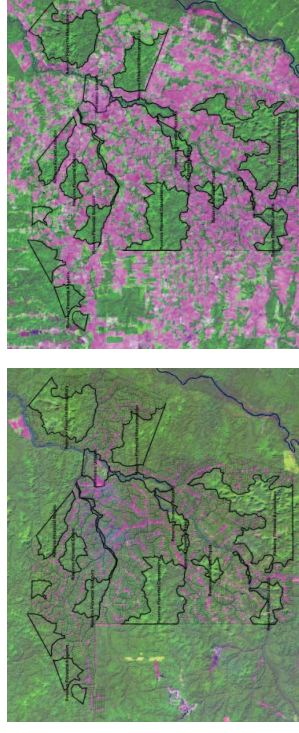


Figura 4. Projeto de Assentamento Machadinho d'Oeste, RO – reservas em blocos: a) imagem do satélite Landsat (8/10/1986); b) imagem do satélite Landsat (9/8/2009).

Serviços e valoração ecossistêmica como referenciais teóricos

Para avaliar os serviços e a valoração ecossistêmica da agricultura em Machadinho d'Oeste, foi investigado se a cultura do café recebia os benefícios desses serviços ecossistêmicos. Vários autores comprovaram que as matas próximas ao plantio de café, planta que se beneficia do sombreamento, podem oferecer uma série de serviços ecossistêmicos (CARAMORI et al., 1996; DA MATTA, 2004; GUHARAY et al., 2001; MIGUEL et al., 1995; ROMERO-ALVARADO et al., 2002).

A cultura do café plantado a pleno sol sofre, principalmente em Rondônia, com a alta temperatura e o estresse hídrico (PRIMAVESI et al., 2007). A presença de árvores com raízes que lhes garantam acesso a camadas do solo não exploradas por plantas herbáceas e por plantas arbustivas e que melhorem a percolação da água das chuvas pode contribuir para a manutenção da umidade do ar, reduzindo a demanda hídrica de outros estratos vegetais, desde que elas tenham acesso à água.

A existência dos serviços ecossistêmicos prestados pelas matas e seus benefícios para a cultura do café foi testada neste trabalho, pois o café é beneficiado pela polinização das abelhas, pelo microclima e pela diminuição do abortamento das flores. Em Machadinho d'Oeste, tem aumentado a frequência do fenômeno "veranico" e o consequente aumento de temperatura tem provocado, em determinados anos, quase 100% de perda na produção do café. Ademais, o microclima gerado pela mata cria um ambiente de trabalho bem mais agradável e, conseqüentemente, um aumento no bem-estar dos trabalhadores.

Diferenciação dos produtores rurais assentados pelo seu nível de capitalização

A tipificação do perfil médio dos produtores rurais de Machadinho d'Oeste, RO, quanto à sua acumulação de capital no ano de 2008 foi elaborada a partir de uma amostra de 213 produtores, o que representa aproximadamente 61% da amostra inicial.

Quanto ao tratamento da estatística multivariada por análise de correspondência múltipla (ACM), foi utilizado o pacote estatístico SAS. Foi aplicada a análise de *cluster* pelo método Ward (ACW) sobre o conjunto de 130 modalidades para 213 propriedades rurais de Machadinho d'Oeste, RO, com a finalidade de agrupá-las em classes mais homogêneas. Com a análise de *cluster*, foram diferenciados os tipos de propriedades quanto à acumulação de capital.

Análise espacial dos dados

A dependência espacial foi identificada por intermédio do ajuste do semivariograma ao modelo matemático, e o método de interpolação foi a krigagem ordinária, que usa parâmetros de dependência espacial entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 2000).

Foram construídos semivariogramas, partindo das pressuposições de estacionariedade da hipótese intrínseca e do cálculo da semivariância estimada pela equação 1:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) + h]^2 \quad (1)$$

em que N(h) é o número de pares dos valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h. É esperado, segundo Vieira (2000), que medições localizadas próximas sejam mais parecidas entre si que aquelas separadas por grandes distâncias, isto é, que aumente $\gamma(h)$ com a distância h até um valor máximo, no qual se estabiliza em um patamar correspondente à distância limite de dependência espacial, que é o alcance. Medições localizadas a distâncias maiores que o alcance terão distribuição aleatória, razão porque serão independentes entre si.

Uma vez que o semivariograma representa a variabilidade espacial dos dados, a análise geoestatística permitiu a análise dos dados comparando-se os parâmetros de ajuste dos semivariogramas para cada uma das variáveis estudadas.

Observada a existência de dependência espacial definida pelo semivariograma, os valores vizinhos semelhantes possibilitam estimar valores para qualquer local onde a variável não tenha sido medida usando a krigagem, segundo Vieira et al. (2000), que estimam valores com as condições de estimativa sem tendenciosidade e com desvios mínimos em relação aos valores conhecidos, ou seja, com variância mínima. O programa desenvolvido por Vieira et al. (2002) interpola, por krigagem, valores no espaço amostrado para qualquer posição. Com os valores estimados por krigagem foram construídos mapas de isolinhas em função da coordenada geográfica, o que permitiu detectar e identificar padrões de níveis de capitalização de acordo com a dinâmica espacial encontrada. A espacialização foi elaborada no programa ArcView da ESRI.

A análise espacial dos dados para detectar se os produtores mais capitalizados estão perto das reservas florestais, e, portanto, se usufruem dos serviços ecossistêmicos das matas, já que a grande maioria dos produtores não usa insumos químicos (adubos e agrotóxicos) e ocupa solos de baixa fertilidade, também foi realizada. Para tanto, foi calculada a distância euclidiana considerando os centroides das propriedades em relação às reservas em bloco. Os processamentos foram realizados no programa ArcView da ESRI.

Resultados e Discussão

Análise dos lotes quanto ao tipo de capitalização

Com a análise de cluster sobre o conjunto de 130 modalidades para 213 propriedades rurais, foram diferenciados 5 tipos de propriedades quanto à acumulação de capital, de acordo com as modalidades descritas anteriormente: “capitalizados”, agropecuaristas com maior tendência para a cultura do café (tipo 1); “razoavelmente capitalizados”, agropecuaristas com maior tendência para pecuária (tipo 2); “medianamente capitalizados”, pequenos produtores de café (tipo 3); “pouco capitalizados”, pequenos pecuaristas pluriativos (tipo 4); e “descapitalizados”, pequenos agricultores dependentes de rendas extra-agrícolas (tipo 5).

O processo de capitalização foi analisado primeiramente por intermédio da análise de frequência de ocorrência de algumas variáveis explicativas da evolução de sistemas agrários que expliquem a diferenciação da tipologia dos produtores quanto ao seu nível de capitalização. As variáveis explicativas decorrentes da análise de frequência são discriminadas na Tabela 1 com o intuito de facilitar a detecção de variação nos indicadores padrão da dinâmica de evolução de sistemas agrários.

Tabela 1. Descrição dos grupos ou tipos segundo as modalidades gerais que os determinam, por tipo de grupo.

VARIÁVEIS	MODALIDADES	Tipo 1 n=40	Tipo 2 n=28	Tipo 3 n=64	Tipo 4 n=33	Tipo 5 n=48
Fertilidade dos solos	Boa	20,0%	7,1%	14,1%	9,1%	8,3%
	Regular	12,5%	3,6%	14,1%	6,1%	12,5%
	Restrita	67,5%	89,3%	79,1%	84,8%	79,2%
Recebe assistência técnica	Sim	85,0%	89,3%	79,7%	81,8%	75,0%
	Não	15,0%	10,7%	20,3%	18,2%	25,0%
Com grau de instrução de pelo menos o primeiro grau completo	Sim	12,5%	14,3%	29,7%	33,0%	29,2%
	Com	87,5%	85,7%	70,3%	67,0%	70,8%
Contraiu doenças nos últimos 12 meses	Sim	2,5%	28,6%	15,6%	18,2%	10,4%
	Não	97,5%	71,4%	84,4%	81,8	89,6%
Numero de ativo agrícola na família	Menor que 2	2,5%	7,1%	17,2%	27,3%	29,2%
	Entre 2 e 4	77,5%	78,6%	70,3%	66,7%	56,2%
	Maior que 4	20,0%	14,3%	12,5%	6,1%	14,6%
Percentual de tempo dedicado a propriedade	25%	7,5%	14,3%	14,1%	24,2%	20,2%
	50%	2,5%	3,6%	9,4%	0,0%	25,0%
	75%	12,5%	0,0%	15,6%	6,1%	6,2%
	100%	77,5%	82,1%	60,9%	69,7%	39,6%
Teve crédito agrícola nos últimos 12 meses	Sim	52,5%	50,0%	56,0%	27,3%	27,1%
	Não	47,5%	50,0%	44,0%	72,7%	72,9%
Proporção de participação da modalidade dentro do grupo		Entre 25% e 50%		Entre 50% e 75%		Maior que 75%

n = quantidade de lotes ou propriedades em cada tipo ou nível de capitalização.

De acordo com a Tabela 1, não existe evidência de que as variáveis selecionadas possam explicar a diferenciação dos níveis de capitalização, uma vez que as ocorrências entre os grupos são praticamente idênticas. Os produtores, na sua maioria, estão em solos restritos, praticamente todos recebem assistência técnica, têm grau de instrução semelhante e não contrairam doenças ultimamente. O crédito aparentemente não fez muita diferença para os grupos capitalizados. Neste caso, essas variáveis, que, na maioria das vezes, explicam uma dinâmica ou trajetória de acumulação de capital nos padrões tradicionais, não explicam a evolução ou tipos diferentes de propriedades rurais quanto ao seu nível de capitalização em Machadinho d'Oeste.

Análise espacial dos lotes tipificados e sua proximidade ao centro urbano

A análise espacial foi utilizada para verificar a existência da relação espacial entre os produtores mais capitalizados e a proximidade dos seus lotes ao centro urbano, na tentativa de verificar se os produtores mais capitalizados localizam-se perto da cidade de Machadinho d'Oeste, ou seja, se o melhor nível de capitalização deve-se à proximidade do mercado e à consequente facilidade de acesso aos consumidores e compradores de produtos agrícolas, principalmente o café. Para tanto, foi utilizada a análise de variabilidade espacial por meio da análise geoespacial ou autocorrelação entre os lotes georreferenciados. Foi construído e ajustado o semivariograma a partir dos dados obtidos dos 213 lotes georreferenciados, e, ao ser detectada dependência espacial, foram interpolados dados por “krigagem” e foi construído o mapa de isolinhas. Ao utilizar a análise geoespacial, partiu-se do princípio de que os grupos de produtores estudados apresentam padrões de distribuição espacial relacionados ao seu nível de capitalização e à proximidade com o Município de Machadinho d'Oeste.

O semivariograma é mostrado na Figura 5. O ajuste do semivariograma pelo modelo exponencial mostra a existência de dependência espacial entre os grupos, ou seja, um crescimento da semivariância em função da distância. Segundo Druck et al. (2004), o primeiro valor de semivariância calculado é denominado “efeito pepita” (Co) e representa a variabilidade em distâncias menores que aquelas amostradas. No caso do semivariograma, o valor é 1,5. A dependência espacial existe quando há aumento da semivariância até determinada distância, denominada “alcance” (a), que é a distância dentro da qual as amostras estão correlacionadas espacialmente. Neste caso, o valor de alcance foi de 5.000 m. Após o alcance ocorre uma estabilização da semivariância em um valor denominado “patamar” (Co + C1), e após esse valor não existe mais dependência espacial entre as amostras.

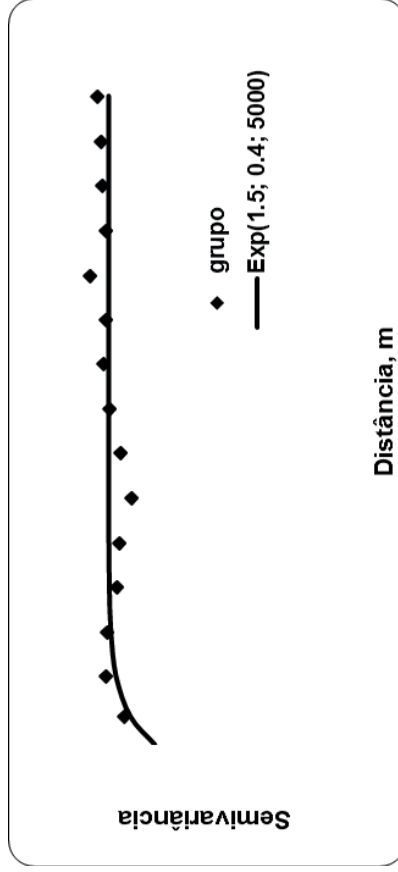


Figura 5. Semivariograma obtido pela representação gráfica da semivariância com a distância entre os níveis de capitalização dos agricultores em Machadinho d'Oeste, em 2008.

De acordo com o semivariograma ajustado, foi identificada a existência de dependência espacial: grupos capitalizados localizados num alcance de 5.000 m são mais parecidos quanto ao nível de capitalização que os mais distantes.

Após a verificação da existência de dependência espacial por meio do ajuste do semivariograma, os dados nos locais não amostrados foram interpolados pelo método da krigagem ordinária e espacializados, o que resultou no mapa de isolinhas (Figura 6) com a plotagem dos lotes e seus respectivos níveis de capitalização.

O resultado dessa análise espacial mostra que houve dependência espacial entre os tipos de produtores amostrados quanto ao nível de capitalização, e que esses produtores estão espalhados de modo espacialmente dependente por todo o município. Observa-se, na Figura 6, que há espalhamento das manchas dos produtores mais capitalizados, ou seja, elas diluem-se por toda a área, com sutil aglomeração na área central do município. Isso evidencia que não houve concentração dos mais capitalizados perto do centro da cidade de Machadinho d'Oeste, mas sim no entorno das reservas em blocos, o que refuta a hipótese de que a facilidade de acesso ao mercado seja um fator que contribui para a acumulação de capital.

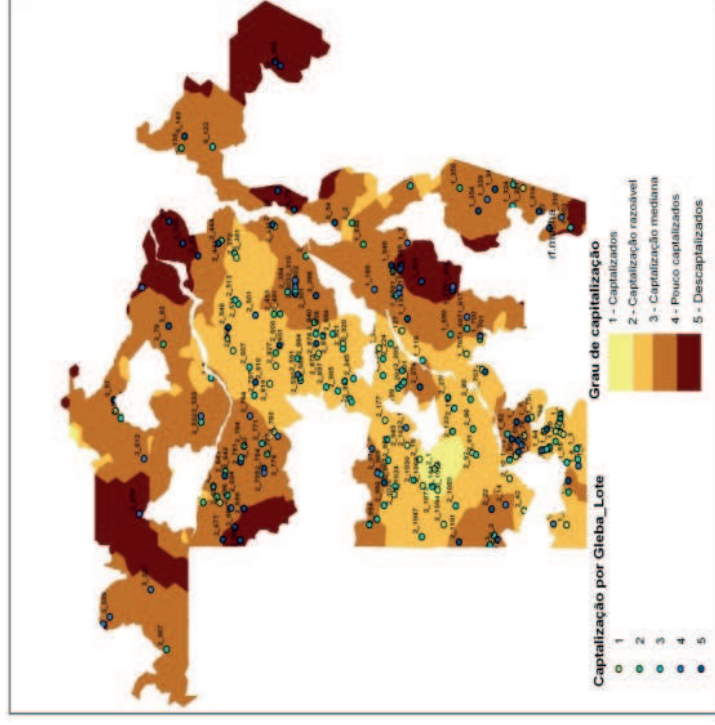


Figura 6. Mapa de isolinhas quanto ao nível de capitalização dos produtores rurais de Machadinho d'Oeste, em 2008.

Relação espacial das reservas florestais e dos lotes tipificados

Para verificar se os serviços ecossistêmicos prestados pelas reservas em bloco estariam contribuindo para o processo de capitalização dos produtores rurais, foram obtidos os resultados a seguir:

Produtividade da cultura do café

Para constatar se houve evidência de que a produtividade do café foi maior perto das reservas florestais em blocos em comparação ao café cultivado distante das reservas, foram analisados o número de lotes em volta das reservas, de lotes amostrados entre 1996 e 2008 ao lado das reservas, e a porcentagem dos lotes amostrados em relação ao número de lotes totais em volta das reservas. A Figura 7 mostra todas as reservas florestais em bloco em Machadinho d'Oeste e os lotes amostrados pela pesquisa desde 1986.

O resultado da Tabela 2 evidencia uma possível contribuição dos serviços ecossistêmicos para a produtividade do café, pois a produtividade do café foi maior mesmo no caso em que as diferenças não foram significativas. Para esse caso, a taxa média de produtividade do café é aproximadamente 20% maior nos cafezais perto da mata.

Avaliação junto aos técnicos e cafeicultores

Foram aplicados questionários para analisar a percepção, por meio de observação, de alguns produtores e técnicos sobre se os cafezais localizados próximos à mata sofriam menos com a alta temperatura no veranico. A fim de sistematizar essas observações empíricas, os resultados dos 194 questionários aplicados em 2008 para produtores de café e 17 técnicos agrícolas e agrônomos da região, independentemente de sua localização próxima ou distante das reservas florestais em bloco, estão sistematizados na Tabela 3.

Tabela 3. Percepção de alguns produtores e técnicos sobre se os cafezais localizados próximos à mata sofrem menos com a alta temperatura no veranico.

	Respostas dos produtores (%)	Respostas dos técnicos (%)
Percepção sobre ocorrência de falta de água no período da floração do café		
Todo ano	42,0	29,0
Às vezes	55,2	71,0
Não souberam responder	2,8	0,0
Perdas de até 25%	8,2	29,0
Perdas de 50%	26,8	0,0
Ocorre esse fenômeno de falta de água no período de floração	53,1	71,0
Não souberam	11,9	0,0
Se a produção de café perto da mata oscila bianualmente ou é regulada pelo microclima		
Produção regular	52,6	53,0
Existe bianualidade	22,7	17,6
Não souberam responder	24,7	29,4

Os resultados da Tabela 3 sistematizam informações que estavam dispersas, tanto por parte dos técnicos quanto dos produtores, e permitem concluir, ainda que de forma não definitiva, que o fenômeno do veranico afeta profundamente a cultura do café e que o café perto da mata é beneficiado pelo microclima criado pela borda ou pelo entorno da mata.

Distância das reservas florestais até os lotes tipificados

A análise espacial dos dados, para detectar se os produtores mais capitalizados estão perto das reservas florestais, e, portanto, usufruem dos serviços ecossistêmicos das matas, foi feita respondendo se o nível de capitalização é influenciado por esses serviços ecossistêmicos prestados pelas matas e se os produtores mais capitalizados estão perto das reservas em blocos.

O resultado da análise de distância euclidiana, considerando os centroides das reservas e dos lotes, foi o mapa da Figura 8.

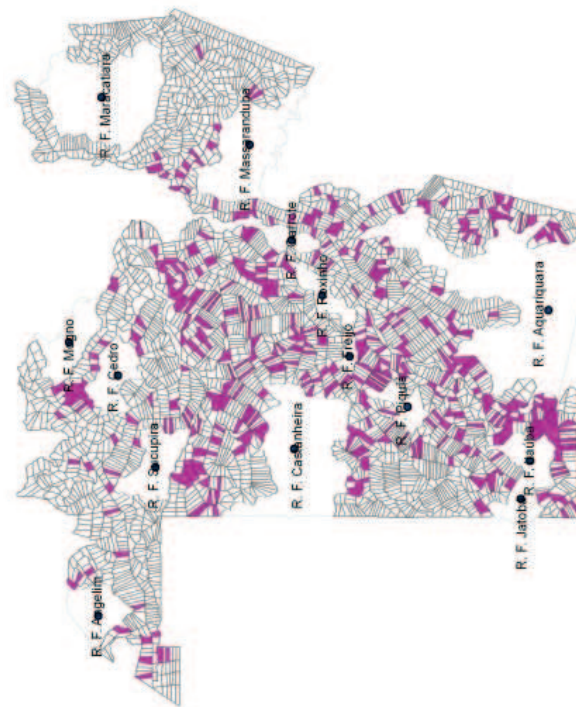


Figura 7. Reservas extrativistas de Machado d'Oeste com os lotes da amostra da pesquisa desde 1986.

Usando os dados do levantamento de campo entre 1996 e 2008, foi feita uma avaliação preliminar comparativa entre os lotes amostrados ao lado da mata e os lotes amostrados que não estão ao lado das matas e que, portanto, teoricamente, não estariam recebendo efeitos positivos dos serviços ecossistêmicos da presença das matas das reservas. Em seguida foi aplicado o teste T de Student para comparar as duas amostras independentes no nível de significância de 5% para a produtividade do café para os anos de 1996, 1999, 2002, 2005 e 2008 (Tabela 2).

Tabela 2. Análise preliminar de variáveis para os lotes próximos e distantes das reservas florestais em Machado d'Oeste, RO, entre 1996 e 2008.

Variáveis consideradas	Lotés próximos das reservas	Obs.	Variância	Lotés distantes das reservas	Obs.	Variância	Comparação estatística
Produtividade média efetiva de café (kg ha ⁻¹) em 1996	554,5	64	173.358,76	525,7	158	134.071,85	NS
Produtividade média efetiva de café (kg ha ⁻¹) em 1999	376,4	68	95.608,74	289,0	166	77.972,369	S
Produtividade média efetiva de café (kg ha ⁻¹) em 2002	834,8	68	940.129,67	553,4	152	136.092,83	S
Produtividade média efetiva de café (kg ha ⁻¹) em 2005	572,0	70	109.905,40	505,9	155	99.203,29	NS

NS, diferença entre médias não significativa no nível de probabilidade de 5%. S, diferença entre médias significativas no nível de 5%.

O resultado oriundo dessa análise espacial revela que decresce o nível de capitalização à medida que aumenta a distância em relação à mata, em metros, o que corrobora as análises anteriores da Tabela 2 e das informações obtidas pelos questionários aplicados aos produtores e aos técnicos na Tabela 3. Desse modo, pode-se dizer que os resultados apresentados chegam praticamente à mesma indicação. Há evidência de que os produtores rurais em Machadinho d'Oeste não se capitalizam somente pelos padrões convencionais de dinâmica de evolução de sistemas agrários. Os resultados obtidos permitem afirmar que existe um componente de serviços ecossistêmicos que contribui para a trajetória de acumulação de capital nos sistemas de produção agrícola estudados. Portanto, esses resultados sinalizam um novo enfoque a ser pesquisado com mais detalhe sobre os serviços ecossistêmicos prestados para a agricultura.

Conclusões

A tipificação quanto ao nível de capitalização indicou como principal cultura geradora de renda em Machadinho d'Oeste o café (*Coffea canephora*, variedades 'Conilon' e 'Robusta'), pois, apesar de o nível de produtividade do café ser baixo, o custo de produção também é baixo.

O uso de imagens de satélite de alta resolução na aferição das informações subjetivas oriundas do campo, ou seja, a consolidação de uma metodologia de precisão no levantamento da informação, foi importante e operacional para a obtenção dos resultados.

A análise de correspondência múltipla e a análise espacial de dados socioeconômicos com o uso da geostatística contribuíram para a diferenciação dos sistemas de produção e foram adequadas na área da pesquisa socioeconômica. A junção dos instrumentais da estatística multivariada e da geostatística enriqueceu as análises socioeconômicas e a avaliação de serviços ecossistêmicos e permitiu correlacionar o desenho espacial do Projeto Machadinho com a possível prestação de serviços ecossistêmicos na melhoria produtiva dos sistemas de produção agrícola.

Os produtores mais capitalizados dependem da renda do café, e esses cafezais estão próximos das matas e usufruem de serviços ecossistêmicos. De forma inovadora, este trabalho traz uma abordagem que permite analisar a trajetória de acumulação de capital dos agricultores sob um enfoque abrangente, integrando análise multivariada e análise espacial.

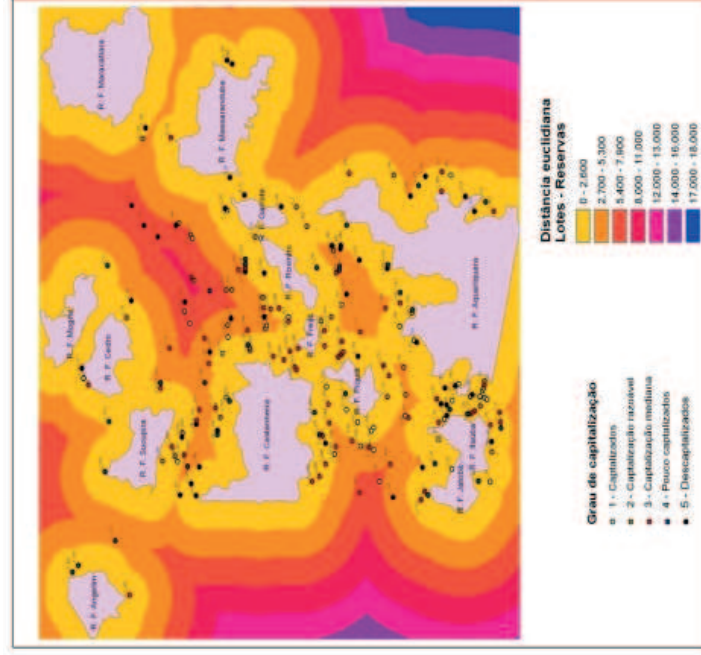


Figura 8. Distância entre os lotes dos produtores rurais, em metros, e as reservas florestais em blocos, em Machadinho d'Oeste, RO.

Os parâmetros resultantes da Figura 8 estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4. Distância, em metros, dos níveis de capitalização em relação às reservas florestais em Machadinho d'Oeste, RO, no ano de 2008.

Estatística descritiva	Capitalizados (Tipo 1)	Razoavelmente capitalizados (Tipo 2)	Medianamente capitalizados (Tipo 3)	Pouco capitalizados (Tipo 4)	Descapitalizados (Tipo 5)
Distância mínima (m)	89,44	102,96	160,00	281,60	304,79
Contagem dos lotes	40	28	64	33	48

Referências

- BATISTELLA, M. **Land-Use/Land-Cover Dynamics in Rondônia, Brazil, Amazon**. 2001. 367 f. (Doctor of Philosophy) – Indiana University, Center for Study of Institutions, Population and Environmental Change. (Dissertation Series, 7).
- CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLO FILHO, A.; DIBÁGIO, A. **Coffee shade with Mimosas cabrella**. *Benth. for frost protection in Southern Brazil. Agroforestry Systems*, Holland, v. 33, p. 205-214, 1996.
- DA MATTA, F. M. **Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. Field and Crops Research**, Amsterdam, v. 86, n. 2/3, p. 99-114, 2004.
- DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. 209 p.
- GOMES, E. G.; GREGO, C. R.; de MELLO, J. C. B. S.; VALLADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. C.; MIRANDA, E. E. **Dependência espacial da eficiência do uso da terra em assentamento rural na Amazônia. Produção**, v. 19, n. 2, p. 417-432, 2009.
- GREGO, C. R.; MIRANDA, E. E. de.; VALLADARES, G. S.; CUSTÓDIO, D. de O.; FRANZIN, J. P.; SILVA, C. F. **Análise exploratória e dinâmica espaço temporal dos sistemas de produção em Machadinho d'Oeste (RO), entre 1986 e 2005**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2007. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 64).
- GUHARAY, F.; MONTERROSO, D.; STAYER, C. **El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. Agroforesteria en las Américas**, Turrialba, v. 8, n. 29, p. 22-27, 2001.
- MANGABEIRA, J. A. de C.; MIRANDA, E. E. de; GOMES, E. G. **Perfil Agrossocioeconômico dos Produtores Rurais de Machadinho d'Oeste (RO), em 2002**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. 114 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 38).
- MANGABEIRA, J. A. de C. **Serviços ecossistêmicos e trajetória de capitalização agrícola: o caso de Machadinho d'Oeste – RO**. 2010. 162 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Economia, Unicamp, Campinas.
- MIGUEL, A. E.; MATIELLO, J. B.; CÂMARGO, A. P.; ALMEIDA, S. R.; GUIMARÃES, S. R. **Efeitos da arborização do cafezal com *Grevillea robusta* nas temperaturas do ar e umidade do solo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIWEIRAS, 21., 1995, Caxambu, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: MARA/PROCAFE, 1995. p. 55-60. Parte 2.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. (Ed.). **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma visão integrada tropical**. São Carlos: Embrapa Pecuaría Sudeste, 2007. 213 p.

ROMERO-ALVARADO, Y.; SOTO PINTO, L.; GARCIA BARRIOS, L.; BARRERA-GAYTÁN, J. F. **Coffee yields and soil nutrients under the shades of *Inga* sp. Vs. multiple species in Chiapas, México. Agroforestry Systems**, Holland, v. 54, n. 3, p. 215-224, 2002.

VIEIRA, S. R. **Geostatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 1-54, v. 1.

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. **Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data**. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 1-45, v. 2.

