



Revista  
Técnico-Científica



## GEOTECNOLOGIAS APLICADAS A AQUICULTURA: ESTUDO DE CASO DO POTENCIAL AQUÍCOLA DO MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA-PA.

<sup>1</sup>Victor Tiago da Silva Catuxo, <sup>2</sup>Breno Gustavo Bezerra Costa, <sup>3</sup>Kátia Cristina de Araújo Silva

<sup>1</sup>Mestrando em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais – UFRA,

<sup>2</sup>Doutor e Professor do curso de Engenharia de Pesca-UFRA,

<sup>3</sup>Doutora e Professora da Pós-graduação em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais-UFRA.

**RESUMO:** O presente estudo ocorreu no município de Conceição do Araguaia, no estado do Pará, visando observar de forma espacial o estabelecimento de empreendimentos aquícolas e a possibilidade de ampliação da atividade, utilizando análise espacial ponderada. Foi verificada a distribuição espacial dos piscicultores existentes e suas respectivas produções, através de ferramentas geoestatísticas, entre as quais: Averagem Nearest Neighbor (ANN) e kernel, para a análise de densidade e o método Natural Neighbor (NN), a fim de avaliar as áreas mais produtivas. Para análise de ponderação a áreas propícias a construção de viveiros escavados, utilizou-se a metodologia Weighted Overlay, que sobrepõem várias camadas com pesos atribuídos, de acordo com a sua participação no processo de construção aquícola. Na análise de ponderação, foram utilizadas imagens de satélite processadas de forma a representar relevos, hidrografia e uso do solo. Em alguns mapas, foram utilizadas informações de instituições governamentais. Os resultados mostraram que a dispersão dos piscicultores se deu de forma agregada. Os aglomerados formados dentro de um raio de 5,0 km, constituíram 6 áreas, mas apenas duas com potencial para crescimento. As ponderações de áreas propícias, mostraram que 27,43% é regular e 16,65% são ideais, muito embora a atividade tenha se desenvolvido nas áreas regulares.

**Palavras-chave:** Piscicultura, SIG, kernel, Weighted Overlay.

*GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO AQUACULTURE: A CASE STUDY OF THE AQUACULTURAL POTENTIAL IN THE CITY OF CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA-PA.*

**ABSTRACT:** *The present study in the municipality of Conceição do Araguaia in the state of Pará aiming to observe in a spatial way the establishment of aquaculture enterprises and the possibility of expanding the activity, using weighted spatial analysis. The spatial distribution of the existing fish farmers and their respective productions was verified, through geostatistical tools, among which: Averagem Nearest Neighbor (ANN) and kernel, for density analysis and the Natural Neighbor (NN) method to evaluate the most productive areas. For weighting analysis of propitious areas the construction of excavated ponds used the Weighted Overlay methodology, which overlap several layers with assigned weights, according to their participation in the aquaculture construction process. In the weighting analysis, satellite images processed in order to represent reliefs, hydrography and land use were used, in some maps information from government institutions was used. The results showed that the dispersion of fish farmers occurred in an aggregate manner. The clusters formed within a radius of 5.0 km, constituted 6 areas, but only two with potential for growth. The weightings of propitious areas, showed that 27.43% is regular and 16.65% are ideals, although the activity was developed in regular areas.*

**Keywords:** *Fish Farmer, SIG, Kernel, Weighted Overlay*

## INTRODUÇÃO

A utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG) vem crescendo rapidamente em todo mundo, pois possibilita um melhor gerenciamento das informações, com consequências positivas na tomada de decisões, mesmo em áreas de grande complexidade, mostrando-se útil em áreas urbanas e rurais, de proteção ambiental, da saúde, da segurança e outras (LISBOA FILHO; IOCHPE, 1996). O georreferenciamento da informação permitiu o estabelecimento do geoprocessamento, tratando informações geográficas pelo uso de ferramentas matemáticas e computacionais (CÂMARA; DAVIS, 2001).

A necessidade de um processo de coleta de informações flexível, que permita decisões com maior celeridade e que revele cenários mais próximos da “realidade” é de fundamental importância na adoção de políticas públicas. Nesse sentido o SIG se torna uma importante ferramenta de análise para o planejamento e tomada de decisão, justamente porque é um sistema integrado de banco de dados, software e pessoas (analista), usado para armazenamento, triagem, organização e análise de dados espaciais (KAPETSKY; NATH, 1997).

A utilização do SIG como ferramenta para planejamento de políticas públicas na aquicultura, possibilitaria a organização da atividade e minimizaria os impactos ambientais (SCOTT, 2001). Na aquicultura, as ferramentas geotecnológicas vêm se tornando importantes na tomada de decisão, por serem capazes de manejar e integrar os diversos componentes de um banco de dados aquícola, tais como clima, água (quantidade e qualidade), informações do solo, mercado, infraestrutura e outras informações gerais (SCOTT; VIANNA; MATHIAS, 2002).

Com grande potencial para atividade aquícola, o estado do Pará, dispõem de dados oficiais pouco confiáveis e conflitantes (BRABO, 2014). A necessidade de informações confiáveis é de fundamental importância para planejamento de estratégias que viabilizem o desenvolvimento da atividade. Nesse contexto, o uso de ferramentas geotecnológicas e sua integração aos dados aquícolas obtidos “in situ”, torna possível a identificação de padrões da atividade, auxiliando na tomada de decisões.

O presente trabalho tem por objetivo integrar dados “in situ” a informações georreferenciadas úteis à definição de um prognóstico da piscicultura em Conceição do Araguaia, região sudeste do estado do Pará.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

O município de Conceição do Araguaia no estado do Pará, situado a uma distância 1.116 km da capital do estado, possui uma população rural de 14.715 habitantes, correspondente a 32,30 % da população total (FAPESPA, 2016). De economia baseada na produção agrícola, pode-se observar, nos últimos anos, um forte desenvolvimento da piscicultura.

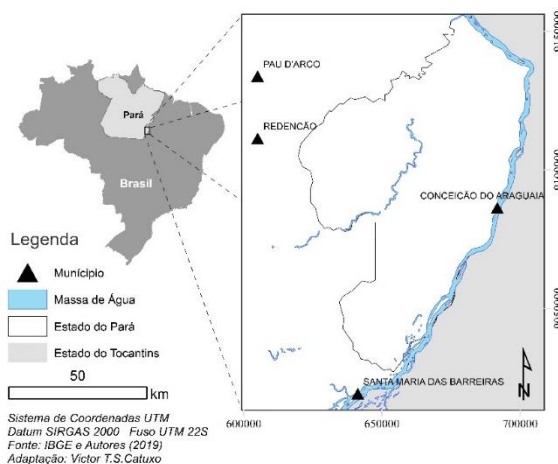


Figura 1. Localização do município de Conceição do Araguaia. Fonte: Autores (2019)

Na região, a piscicultura é caracterizada como de pequeno porte, com predominância de cultivos extensivos (SILVA et al., 2010).

### SIG (Sistema de Informações Geográficas)

No processo de construção do SIG, as informações espaciais e os dados coletados in situ devem funcionar como modelo da realidade (LISBOA FILHO; IOCHPE, 1996). Deste modo, são apresentadas as seguintes considerações: as coordenadas das propriedades foram identificadas por meio de objetos tipo ponto; para cada ponto foi mensurado a lamina de água e estimada a produtividade, em 8 ton.ha<sup>-1</sup>; partindo da produtividade por propriedade, estimou-se a demanda de ração, com base na conversão 1,80 e o valor a R\$ 2,00 por kg de ração; a receita de cada propriedade foi estimada com base no preço de R\$ 8,00 por kg de pescado (Figura 2).

Para coleta de dados foi utilizado um receptor de navegação do tipo GNSS, com capacidade de rastreamento dos satélites do tipo GPS e GLONASS. Posteriormente, os dados foram plotados no software TrackMaker®, com DATUM, SIRGAS2000. De posse dos dados tratados e geoespacializados, foi criado o SIG, com ajuda do software Arcmap® 10.1, para análise e tratamento das informações.

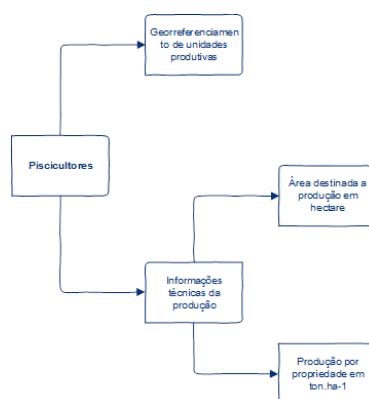


Figura 2. Histograma representativa da relação das variáveis adotadas. Fonte: Autores (2019).

Distribuição espacial e a formação de cluster de produção aquícola.

Distribuição espacial do empreendimento aquícola.

A distribuição dos piscicultores na área da pesquisa foi avaliada pelo método do Vizinho Mais Próximo (Average Nearest Neighbor-ANN), sendo determinada pela distância entre cada centroide do ponto e o seu vizinho. Se essa distância média for menor que a média de uma distribuição aleatório hipotética, a distribuição será considerada agrupada; na situação inversa teremos distribuição dispersa (CHILDS, 2004). Neste estudo, a distância entre pontos foi avaliada pelo método euclidiano. Assim a razão média do Vizinho Mais Próximo é calculada a partir da distância média observada, dividida pela distância média esperada, com a amplitude variando 0 a 2,15, para os valores próximos a zero, indicando que os pontos estão agrupados. Já os valores próximos a um, indicam aleatoriedade dos pontos e, quanto mais distante de um, indica dispersão dos pontos (Equação 1).

$$ANN = \frac{D\bar{O}}{D\bar{E}} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}}{\frac{0.5}{\sqrt{n/A}}} \quad (\text{Equação 1})$$

em que: DO = distância média observada; DE = distância média estimada; di = distância entre os piscicultores; n = número total de pontos; A = área mínima de retângulo entre os piscicultores.

### Adensamento

Após a verificação da dispersão dos pontos, foi avaliado os possíveis agrupamentos existentes, através do estimador de calor de kernel, que analisa o adensamento de pontos, através da área de influência, ou seja, quanto mais longe do ponto, menor é a influência de atuação. Assim, a densidade em cada área é calculada somando os valores de todos os núcleos, acrescentando a sua área de influência (SILVERMAN, 1986). Dessa maneira, a distância de cada ponto na área de influência é medida e contribui para a intensidade da estimativa da área, de acordo com a proximidade do centro, definindo-se, assim, o algoritmo do Mapa de kernel, que é então calculado de acordo com a equação (2).

$$f'_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x-X_i}{h}\right) \quad (\text{Equação 2})$$

em que: k = representa a função de ponderação kernel que, por conveniência, é expresso em forma padronizada (ou seja, é centrada na origem, com um volume total igual a 1, abaixo da curva); essa função é centrada em “x”, que é a posição do centro de cada célula do raster de saída; h = representado pelo raio de busca; Xi = posição do ponto “i” proveniente do centroide de cada polígono; n = o número total de focos de calor.

Graficamente podemos imaginar uma função tridimensional sobre cada ponto “s”, com um algoritmo de contorno adequado a função. Dessa forma, quanto mais próximo de um, maior é a aproximação.

### Avaliação da produtividade

Os valores referentes à produção aquícola na área de estudo foram analisados através de métodos de interpolação, conhecido como Vizinho Natural (Natural

Neighbor). O método é uma técnica de média móvel ponderada, que usa relações geométricas para escolher e ponderar pontos próximos, cujo resultado produz valores conservadores, entretanto confiáveis, especialmente para dados esparsos e erráticos (WATSON, 2002). A equação da interpolação do vizinho natural (NN) é:

$$NN \text{ ou } G(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f(x_i, y_i) \quad (\text{Equação 3})$$

em que: G = número de vizinhos mais próximos utilizados na interpolação; f = valor observado; w = peso associado.

O número de vizinhos naturais é determinado pela construção de círculos vizinhos, assim dois pontos são vizinhos naturais se estiverem no mesmo círculo vizinho, sendo utilizada a triangulação de Delaunay. Os pesos (w) dependem da área sobre cada ponto de dados.

Elaboração de mapas tipográficos.

A elaboração e modelagem de mapas para análise de locais propícios à atividade aquícola levou em consideração os viveiros escavados, comuns na área pesquisada. Na definição de áreas propícias à implantação dos empreendimentos aquícolas, foram definidos os seguintes critérios: tipo de Solo, onde se analisou a sua declividade e tipologia, para uso de critérios; disponibilidade hídrica – nesse foi avaliado a proximidade dos cursos de água superficial; e a logística ligada à produção, visando avaliar a proximidade do mercado consumidor e as condições de trafegabilidade dessas vias.

De acordo com Scott (2001), as ponderações propostas possuem relação com critérios técnicos construtivos, ambientais e econômicos, visando assim proporcionar ao avaliador segurança na escolha de áreas propícias à implantação.

Na construção de viveiros de terras a declividade (Figura 3), mostra-se um critério de fundamental importância, este limita a movimentação de terra e define o escoamento superficial e subterrâneo. Na construção de viveiros escavados, a declividade mais amena diminuí o custo com terraplanagem, sendo ideal entre 0 a 5 % (SOUZA; MELO, 2004).



A disponibilidade hídrica (Figura 4) para os empreendimentos aquícolas é um fator preponderante e deve ser avaliado, de forma a possibilitar o fácil acesso ao recurso, proporcionando ao empreendedor um melhor planejamento no design das estruturas hidráulicas e diminuindo os custos de implantação (ONO; CAMPOS; KUBITZA, 2005).

A escolha do tipo de solo para implantação dos viveiros é muito importante, uma vez que solos que ofereçam maior resistência ao desmonte oneram o custo de terraplenagem. Os solos destinados a construção de viveiros de terra devem possuir textura argilosa, prevendo a retenção de água e maior facilidade à modelagem. Os percentuais de argila devem ser mantidos acima de 20%, visando maior resistência e plasticidade. Embora, terrenos arenosos ou encharcados também possam ser manejados para construção aquícola, os custos são maiores, pois se deve transportar o solo mais adequado para o local da obra.

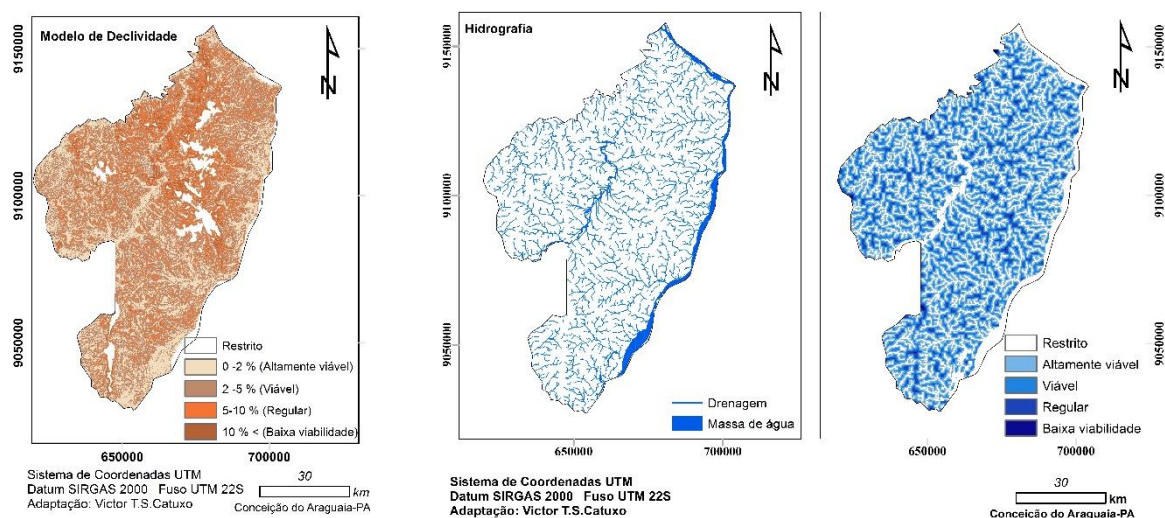


Figura 3. Declividade da área pesquisada analisado a partir de imagens STRM.

Figura 4. Modelo de acesso ao recurso hídricos, na área pesquisada, criado a partir de imagens STRM.

Avaliando os solos existentes na região (Figura 5), foi constatado que o argissolo é mais adequado à construção de viveiros de terra, seguido do latossolo, que mesmo com textura média, possui dificuldades para reter água. Já o plintossolo, com textura franco-arenosa, possui grandes restrições à percolação, em quanto o gleissolos está boa parte do ano saturado em água (SANTOS, et al., 2014).



Para logística de escoamento da produção e recepção dos insumos, a rodovia estadual PA-287 é a principal via de acesso pavimentada do município, esta é a rota da soja do Centro-Oeste ao porto de Itaqui no Maranhão. Outra rodovia estadual de grande importância, mas não asfaltada é a PA-449, responsável pelo escoamento da produção de abacaxi (Figura 6). As estradas não pavimentadas da região ficam comprometidas no inverno, dificultando o escoamento da produção.

A proximidade do mercado consumidor (Figura 7), insumos, serviços e infraestrutura básica, foram definidos como limitantes ao desenvolvimento da atividade. Os insumos e serviços são de grande importância à atividade, principalmente, quanto à energia elétrica, comunicação, serviços bancários, serviços públicos, oficinas, ração e disponibilidade de equipamentos (SCOTT, 2001). Na presente pesquisa foram constatados os principais centros urbanos e sua área de influência.

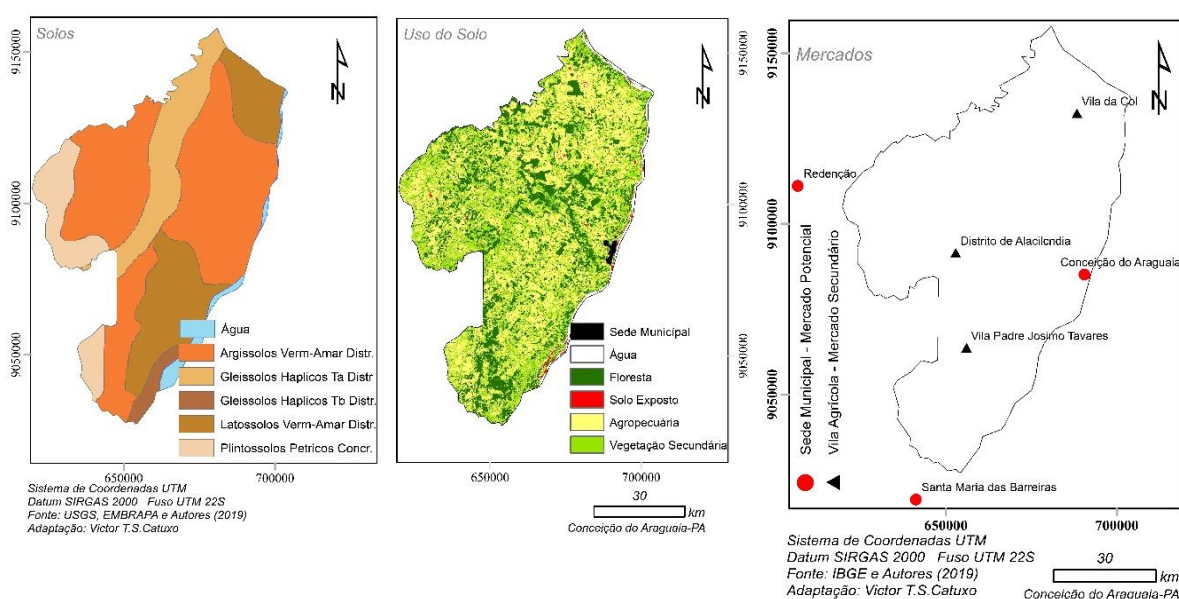


Figura 5. Mapa de uso e ocupação do solo na área estudada, retirado do banco de dados da EMBRAPA e construído a partir de imagens STRM.

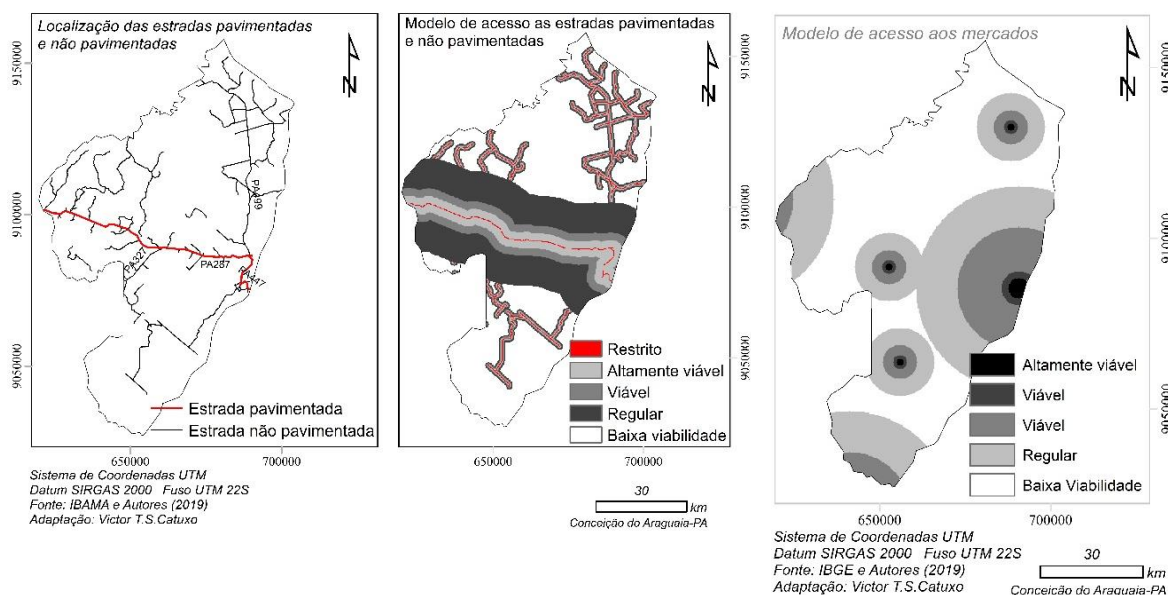


Figura 6. Modelos de acesso as rodovias na área estudada. Fonte: IBGE

Figura 7. Modelos de acesso a mercados na área estudada. Fonte: IBGE

As informações coletadas foram adquiridas através dos portais USGS - United States Geological Survey e WordClin; e os shapefiles foram adquiridos dos portais Geonetwork-FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis; EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e, por fim, do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

As análises espaciais foram realizadas a partir de imagens Landsat 08, sensor OLI/TIRS, com resolução geométrica de 30 m para bandas OLI multiespectrais, faixa pancromática OLI de 15 m e para TIRS barras térmicas de 100 m, a última foi configurada para 30 m para coincidir com as bandas multiespectrais, adquirida em junho 2018. Para configuração do terreno, foi utilizada a imagem do tipo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) no formato Geotiff, com resolução de 30 m, com data próxima ao mês de setembro 2014. O período para seleção das imagens foi definido para uma baixa incidência de nuvens. No processo, as imagens foram ajustadas ao sistema de coordenadas UTM. na zona 22S, e DATUM Sirgas2000, com a calibração radiométrica realizada automaticamente pelo software utilizado.

As informações coletadas foram adquiridas através dos portais USGS - United States Geological Survey e WordClin; e os shapefiles foram adquiridos dos portais Geonetwork-FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis; EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e, por fim, do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

As análises espaciais foram realizadas a partir de imagens Landsat 08, sensor OLI/TIRS, com resolução geométrica de 30 m para bandas OLI multiespectrais, faixa pancromática OLI de 15 m e para TIRS barras térmicas de 100 m, a última foi configurada para 30 m para coincidir com as bandas multiespectrais, adquirida em junho 2018. Para configuração do terreno, foi utilizada a imagem do tipo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) no formato Geotiff, com resolução de 30 m, com data próxima ao mês de setembro 2014. O período para seleção das imagens foi definido para uma baixa incidência de nuvens. No processo, as imagens foram ajustadas ao sistema de coordenadas UTM. na zona 22S, e DATUM Sirgas2000, com a calibração radiométrica realizada automaticamente pelo software utilizado.

Com as imagens Landsat 8 já tratadas foi realizada a classificação supervisionada, visando a identificação de classes e calculando suas assinaturas, visando a geração do mapa de uso do solo. Com as imagens SRTM, foi possível elaborar um modelo de elevação e o sistema de drenagem da área de estudo. De posse dos vetores, foram geradas áreas de amortecimento (buffer), visando delimitar as consideradas prioritárias, não prioritárias e restritivas.

#### Parâmetros de seleção

Para análise ponderada foram definidos os critérios de acordo com a tabela 1, estabelecendo as áreas consideradas prioritárias, na seguinte escala: altamente viável, viável, regular e baixa viabilidade, (KAPETSKY; NATH, 1997).

Partindo dos critérios de análise, foram criadas superfícies (raster) de sobreposição ponderada à análise de múltiplos critérios, representadas de acordo com sua influência. Cada superfície recebeu o peso em porcentagem (Tabela 2),

assim, o percentual baixo de um peso poderá ser compensado pela pontuação alta do outro (VOLKER; SCOTT, 2008).

Tabela 1. Ponderação dos critérios necessários a análise de viabilidade de áreas propícias a implantação de empreendimentos agrícolas na área de estudo.

Fatores	Valor de Referência	Conceito	Fatores	Valor de Referência	Conceito
<b>Declividade</b>	0 - 2%	Altamente viável	<b>Estrada pavimentada</b>	0 – 15 m	Restrito
	2 - 5%	Viável		15 – 2.500 m	Altamente viável
	5 - 10%	Regular		2500 – 5.000 m	Viável
	10% <	Baixa viabilidade		5000 – 15.000 m	Regular
<b>Rio (largura 600 m &lt;)</b>	< 500 m	Restrito	<b>Estrada não pavimentada</b>	15.000 m <	Baixa viabilidade.
	500 – 1.000 m	Altamente viável		0 – 15 m	Restrito
	1.000 – 3.000 m	Viável		15 – 300 m	Altamente viável
	3.000 – 6.000 m	Regular		300 – 600 m	Viável
<b>Córrego (Largura 10-50 m)</b>	6.000 m <	Baixa viabilidade.	<b>Proximidade de vilas</b>	600 – 1.000 m	Regular
	< 50 m	Restrito		1.000 m <	Baixa viabilidade.
	50 – 500 m	Altamente viável		0 – 3.000 m	Altamente viável
	500 – 1.000 m	Viável		3.000 – 5.000 m	Viável
<b>Uso do solo</b>	1000 – 1.500 m	Regular	<b>Proximidade de vilas</b>	5.000 – 8.000 m	Regular
	1.500 m <	Baixa viabilidade.		8.000 m <	Baixa viabilidade.
	Agricultura e pasto	Altamente viável		0 – 1.000 m	Altamente viável
	Solo exposto	Viável		1.000 – 2.000 m	Viável
<b>Tipo de solo</b>	Vegetação secundária	Regular		2.000 – 5.000	Regular
	Floresta	Baixa viabilidade.		5.000m <	Baixa viabilidade.
	Argissolo	Altamente viável			
	Plintossolos	Viável			
	Latossolos	Regular			
	Gleissolos háplicos Ta	Regular			
Gleissolos háplicos Tb	Baixa viabilidade				

Tabela 2. Peso dos caracteres em percentagem, utilizadas na análise multicritério.

Peso dos caracteres em percentagem			
<b>Construção (Solo)</b>	55%	Declividade	20%
		Tipo de Solo	15%
		Uso do Solo	20%
<b>Hidrologia</b>	15%	Rio	6%
		Córrego	9%
<b>Estrada</b>	10%	Com pavimentação	8%
		Sem pavimentação	2%
<b>Localização</b>	20%	Cidade	16%
		Vila	4%
<b>Total</b>	100%		100%

As áreas restritivas definidas foram: Área de Preservação Permanente (APP), destina à proteção de cursos de águas naturais pertinentes e intermitentes, atendendo ao Código Florestal, de acordo com Lei 12.651/12 (TABELA 3); e a faixa não edificável das rodovias definida pela Lei 10.932/2014, estabelecida em 15m.

Tabela 3. Área restrita utilizada nesse trabalho. Fonte: (BRASIL, 2012)

Faixa Marginal de APP em metros	Largura Máxima do Curso de Água
50	10 - 50
500	600 <

## RESULTADOS

Cenário atual.

Foi constatado que a piscicultura em viveiro escavado na área da pesquisa é uma atividade estabelecida, e é exercida por pequenos agricultores com área de lâmina de água média de 0,30 ha.

Caracteres gerais da atividade na área de estudo.

No estudo, foi identificado 68 piscicultores (Figura 8) com área de produção de 63,33 ha. Em todas as áreas de cultivo foi observada a criação de tambaqui e seus híbridos em viveiros semi-intensivo, em viveiros barragem e derivação.

Na área de estudo, a produção estimada pode chegar a cifras de 579,00 ton.ano<sup>-1</sup>, para esse valor é necessário em torno de 41.694 sacos de ração, de 25

kg, para um período de produção. Esse insumo gira em torno de 2,0 milhões de reais, na região. A lucro bruto pode chegar a 4,63 milhões.

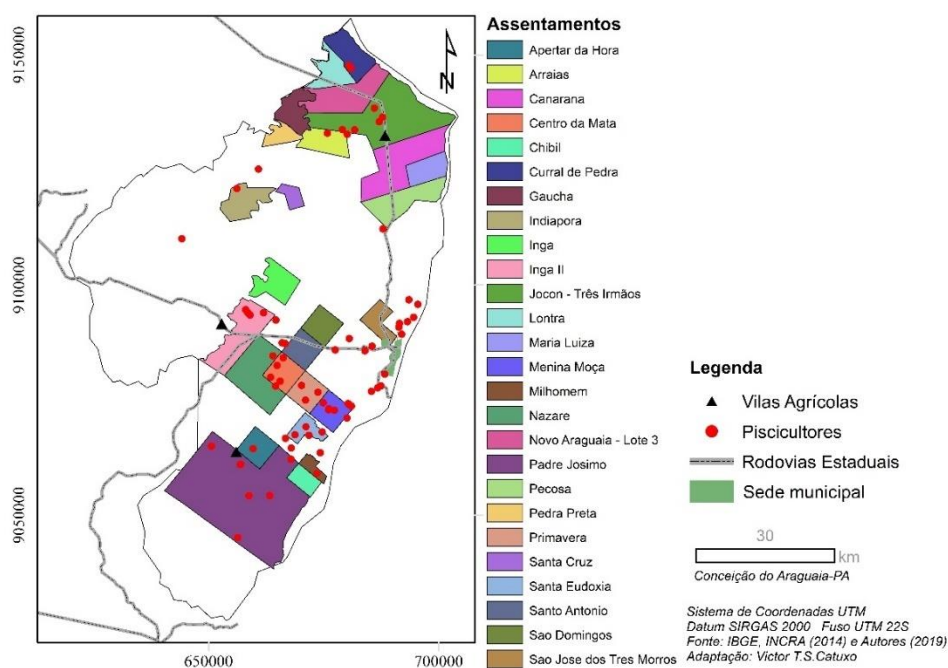


Figura 8. Localização espacial dos piscicultores com respectivas vilas, assentamento rurais e estradas.

Tabulando a produção dos agricultores em um histograma (Gráfico 1) foi possível observar que os mesmos possuem até 3,0 ton.ano<sup>-1</sup>, o que representa 51,47% dos criadores de peixes. Na análise, foi possível observar também que apenas 3 agricultores apresentaram produção acima 50 ton.ano<sup>-1</sup>, sendo que desses, apenas dois criadores tem essa atividade como principal geradora de renda. A frequência analisada mostrou que a média de produção se manteve próximo a 8,51 ton.ano<sup>-1</sup> e a mediana próximo a 2,94 ton.ano<sup>-1</sup>, já o desvio padrão apresentou grande dispersão ficando próximo a 15,58 ton.ano<sup>-1</sup>.

A distribuição dos piscicultores no território do município (5.829,49 km<sup>2</sup>), avaliada através do método do vizinho mais próximo, foi possível observar ANN de 0,64, derivado da distância observada (DO) 2,69 km e a distância estimada (DE) de 4,16 km, sendo possível inferir que os piscicultores na área de estudo, se distribuem de forma agregada (Figura 9).

Gráfico 1. Histograma com o número de produtores e suas respectivas produções.

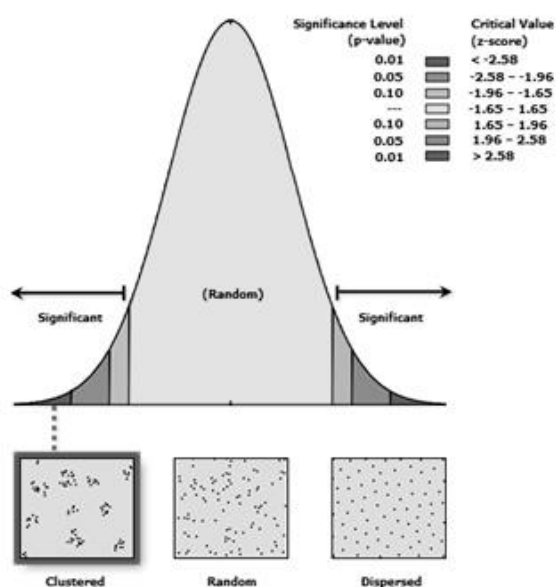
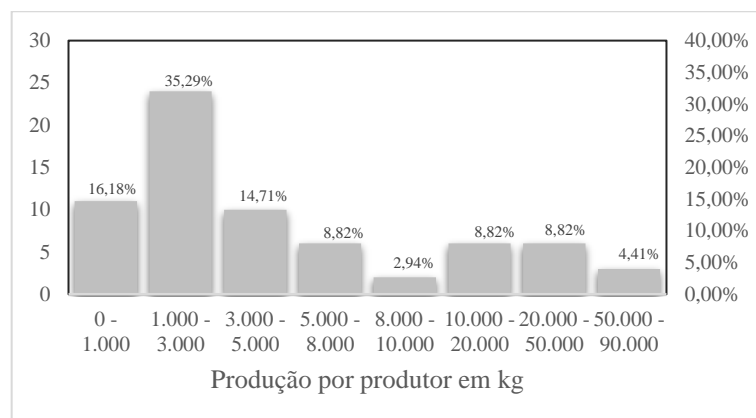


Figura 9. Avaliação do Vizinho Mais Próximo para os piscicultores de Conceição do Araguaia.

Para validar os resultados de ANN, foram criados mapas de calor (k) (Figura 10) onde foi possível observar pequenos aglomerados nos assentamentos rurais Menina Moça, Primavera, Canarana, Centro da Mata, Santa Eudóxia, Joncon Três Irmãos e Ingá II.

Outro aglomerado foi delimitado no norte da sede municipal, na comunidade Geovamira, que se destaca pelo número elevado de cavas de exploração mineral de



seixo e areia, utilizados na construção civil. As cavas após o seu uso são aproveitadas para piscicultura, como medida mitigadora do passivo ambiental.

Após a etapa de distribuição espacial dos piscicultores, os mesmos foram avaliados quanto à sua produção, pelo método do Vizinho Natural (Natural Neighbor), que utiliza técnicas de médias ponderadas, bem próximas às utilizadas no método de Interpolação IDW, o qual prediz que a influência de cada ponto é proporcional ao inverso da distância do nó da malha (CHILDS, 2004).

Através deste método, foi possível observar um grupo com grande produção nos assentamentos Menina Moça e Primavera, outro no assentamento Santa Eudóxia e, por fim, próximo à sede municipal. A escolha dessas áreas pode evidenciar fatores sociológicos e ambientais.

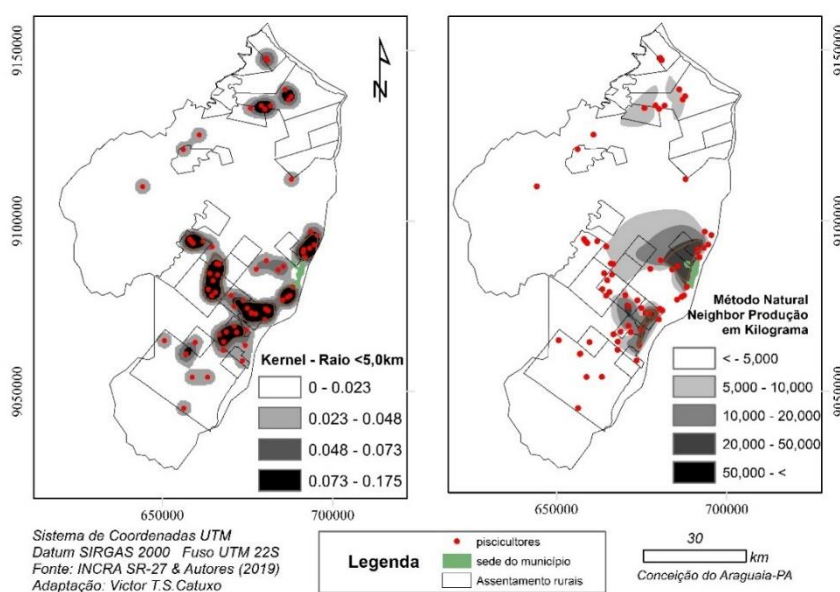


Figura 10. Mapa kernel para a avaliação espacial de densidade e mapa Natural Neighbor que visa avaliar através de curva de intensidade as regiões mais produtivas.

### Potencialidade da atividade aquícola na área de estudo.

Na avaliação das potencialidades, foi possível observar que 33% das áreas da pesquisa possuem declividade até 2%, sendo considerada altamente viáveis à construção de viveiros escavados, enquanto as viáveis representaram 42%, com

declividades entre 2-5%. As áreas planas próximas aos cursos de água possibilitam menor recalque.

Considerando os critérios ponderados, foi possível constatar que as áreas potenciais para construção de viveiros escavados representam 0.06% da área, enquanto as áreas viáveis representam 16,65% do município. Mais da metade da área em estudo é considerada restrita à construção de viveiros escavados, estas representam massa de água, encostas, alagados e APP's.

As áreas consideradas viáveis para atividade estão localizadas dentro de grandes fazendas na região, que trabalham em sua maioria com animais de grande porte (bovinocultura). Segundo o estudo presente, mesmo com regular viabilidade, o desenvolvimento da atividade ocorreu também em área de assentamento rurais, em razão das políticas de governamentais relacionadas à extensão rural.

Tabela 4 – Classificação das áreas que podem ser destinadas a construção de viveiros escavados para produção de peixes.

Classificação	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Restrito	3242,18	55,62%
Altamente viável	3,24	0,06%
Viável	970,70	16,65%
Regular	1598,99	27,43%
Baixa viabilidade	14,37	0,25%
<b>Total</b>	<b>5829,48</b>	<b>100,00%</b>

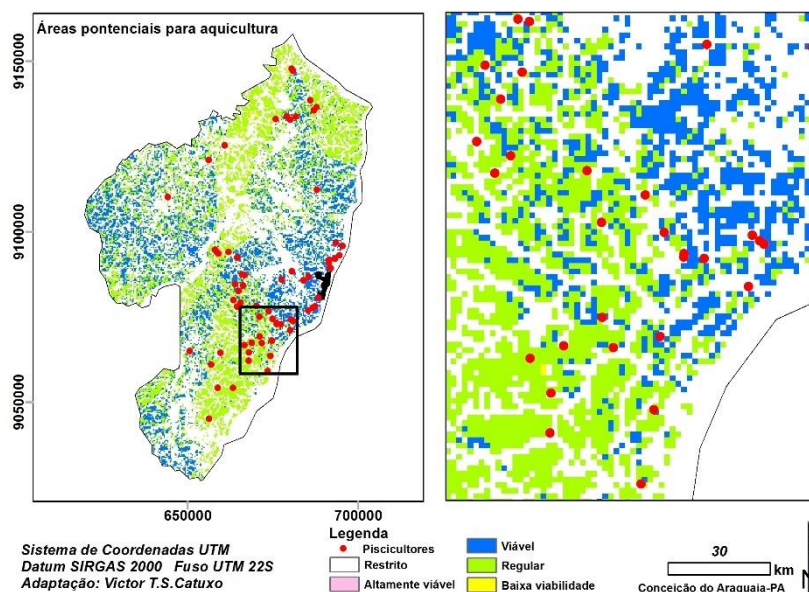


Figura 10 - Área potenciais para construção de viveiros escavados na área de estudo.

Foi evidenciado, no presente estudo, um grande número de empreendimentos localizados nas áreas de APP's, área protegidas pelo Código Florestal Brasileiro. No entanto, é importante salientar que no estado do Pará, com anuência do órgão licenciador, a piscicultura pode suprimir até 5,0 % da área de APP, declarada no licenciamento ambiental (PARÁ, 2011).

## **DISCUSSÃO**

O estudo constatou que os viveiros localizados na área de estudo possuem as mesmas características descritas por Brabo (2014) para o estado do Pará, com intensidade de produção semi-intensiva, entretanto, essa atividade se destaca por movimentar fortemente o mercado insumos (ração).

A área em estudo é formada por pequenos núcleos de produção aquícola organizados por questões sociais e ambientais.

Utilizando o método do vizinho mais próximo na atividade florestal, os Estados Unidos, foi possível avaliar que os aglomerados se formavam a partir de suas afinidades (HAGADONE; GRALA, 2012).

No estudo foi observado que os piscicultores margeiam as áreas viáveis, pois nessas áreas é possível observar grandes fazendas que trabalham com a bovinocultura de corte.

Na comparação econômica entre a bovinocultura e a piscicultura, a última é 1,40 vezes superior à primeira, na produção de carne; e que na região Norte o consumo de pescado é 70% superior a outras carnes (LOPES; OLIVEIRA; RAMOS, 2016). Dessa maneira, evidencia-se que atividade na área em estudo é uma realidade, todavia, a desorganização na verticalização da produção desencoraja os grandes produtores de carne bovina a diversificarem suas atividades.

As áreas altamente viáveis ao cultivo de organismos aquáticos se apresentaram em menor proporção, entretanto, se observou que esse fator não foi um impeditivo para o desenvolvimento da atividade, que cresceu em áreas regulares, influenciado por fatores sociais. Assim, na realização da análise, é importante que o maior número de fatores socioeconômicos e ambientais sejam considerados, visando o melhor uso do espaço e a acurácia na tomada de decisão quanto ao planejamento (FALCONER; TELFER; ROSS, 2016).

## CONCLUSÃO

O tabaqui e seus híbridos, foram as espécies mais cultivadas, sendo produzidas em viveiros escavados com produções próximas a 3,0 ton.ano<sup>-1</sup>. No município, os piscicultores se distribuíram de forma clusterizada tanto na densidade quanto na produção. Nos assentamentos rurais, foi encontrado o maior número de aglomerados de piscicultores. Estes fatores estão relacionados à facilidade na aquisição da propriedade e os aspectos físicos para implantação, além da proximidade do mercado.

A ponderação de áreas para aquicultura demonstra que as áreas consideradas “altamente viáveis” e que às “viáveis” estão localizadas, em suma, nas grandes fazendas existentes no município. Contudo, cabe salientar que a maior parte dos empreendimentos aquícolas implantados estão localizados dentro dos assentamentos rurais. As ferramentas de ponderação espacial poderão auxiliar na sustentabilidade da atividade, uma vez que identificam as limitações ambientais para implantação futura de empreendimentos aquícolas.

Na contextualização obtida em campo, os sensores remotos (satélites), mostraram-se eficientes na análise espacial da atividade aquícola, proporcionando ao gerenciador ou investidor opções rápidas para a avaliação. As ferramentas utilizadas na presente pesquisa, podem torna-se cada vez mais robusta, de acordo com a necessidade do pesquisador, podendo ser inclusas informações climáticas, de qualidade da água, valor da área e outros.

## REFERÊNCIAS

- BRABO, M. F. **Piscicultura no Estado do Pará: situação atual e perspectivas**. Acta of Fisheries and Aquatic Resources, Sergipe, v. 2, n. 1, p. p: i-vii. 2014. Resenha.
- BRASIL, **Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012**. Brasil, 2012.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Fundamento de geoprocessamento. In: CÂMARA, C; MOREIRA, F.R.; BARBOSA FILHO, C.R.A.; BÖNISCH, S. **Introdução a ciência da geoinformação**. São José do Campos: INPE, 2001.
- CHILDS, C. Interpolating surfaces in ArcGIS spatial Analyst. **ArcUser Magazine**, n. 27. p.p: 32-35, jul-sep. 2004.
- FALCONER, L.; TELFER, T. C.; ROSS, L. G. Investigation of a novel approach for aquaculture site selection. **Journal of Environmental Management**, v. 1, p. 791-804, Oct. 2016.
- FAPESPA. **Estatísticas Municipais Paraenses**: Conceição do Araguaia. Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas/ Diretoria de Estatística e de Tecnologia e Gestão da Informação. Belém: 2016, p. 59.
- HAGADONE, T. A.; GRALA, R. K. Business clusters in Mississippi's forest products industry. *Forest Policy and Economics*. v. 20, p. 16-24, jan. 2012.
- KAPETSKY, J. M.; NATH, S. S. **A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America**. 1. ed. Rome: COPESCAL Technical Paper nº10, v. I, 1997. 128 p.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. **Introdução ao sistema de informações geográficas com ênfase em banco de dados, 10ª Escuela de Ciencias Informáticas**, Departamento de Computación, Universidad de Buenos Aires, Argetina, 22 a 27 de julho 1996. XV JAI - Jornada de atualização em informática e XVI Congresso da SBC, Recife-PE, 4 a 9 de agosto de 1996. Recife: 1996. p. 1-53.
- LOPES, I. G.; OLIVEIRA, R. G.; RAMOS, F. M. Perfil do consumo de peixes pela população brasileira. *Biota Amazônia: Open Jornal System, Macapá*, v. 6, n. 2, p. 62-65, abr. 2016.
- ONO, E. A.; CAMPOS, J.; KUBITZA, F. Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes. **Panorama da aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 74, p. 15-30, set-out 2005.
- PARA. SEMAS. **Resolução nº90: dispõe sobre a supressão de área de APP para fins aquícolas**. Belém, 2011.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. Á.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**, 4. ed. Brasília: Embrapa, 2014. 376 p.

SCOTT, P. C.; VIANNA, L. F.; MATHIAS, M. A. C. Diagnóstico da cadeia aquícola para o desenvolvimento da atividade no estado do Rio de Janeiro. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, n. 71, p. 15-25, maio/junho 2002.

SCOTT, P. C. Determinação de áreas potenciais para o desenvolvimento da carcinicultura em sistema de informações geográficas. **Panorama da aquicultura**, Rio de Janeiro, n. 63, p. 42-49, jan/fev 2001.

SILVA, A. M. C. B.; SOUZA, R. A. L.; MELO, Y. P. C.; ZACARDI, D. M.; PAIVA, R. S.; NAKAYAMA, L. **Diagnóstico da piscicultura na mesorregião sudeste do estado do Pará**. Boletim Técnico Científico do CEPNor, Belém, v. 10, n. 1, p. 55-65, 2010.

SILVERMAN, B. W. Density Estimation for Statistics and Data Analysis. In: CHAPMAN, H. Statistics and Applied Probability. London: School of Mathematics University of Bath, UK, p. 1-22, 1986.

SOUZA, R. A. L.; MELO, J. S. C. Terreno. In: SOUZA, R. A. L. **Piscicultura sustentável na Amazônia: perguntas e respostas**. 1ª. ed. Belém: Universidade Federal da Rural da Amazônia, v. I, 2004. cap. 1.

VOLKER, C. M.; SCOTT, P. SIG e sensoriamento remoto para a determinação do potencial da aquíicultura no baixo São João – RJ. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, Niteroi, v. 3, n. 3, p. 196-215, set-dez 2008.

WATSON, Dave. Natural Neighbor Interpolation. Disponível em: <<https://www.iamg.org/images/File/documents/oldftp/Watson/naturalneighbour.html>>. Acesso em: 28 de jan. 2019.