

# Geração de área de influência: método de Huff adaptado

Raquel Vieira da Silva<sup>1</sup>, Vagner Braga Nunes Coelho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Militar de Engenharia (IME)  
Praça General Tibúrcio, 80, Praia Vermelha, Rio de Janeiro,  
RJ, Brasil, 22290-270

<sup>2</sup> 4º Centro de Geoinformação (4ºCGEO)  
Avenida Marechal Bittencourt, 97, Compensa, Manaus,  
AM, Brasil, 69027-140

**RESUMO:** A pesquisa procura gerar áreas de influência visando determinar localizações onde a atuação de um ponto gerador seja dominante em relação aos demais. Para tal, adapta-se a técnica desenvolvida por Huff, especificamente quanto ao cálculo do custo de deslocamento e o estabelecimento do parâmetro, visando eliminar o empirismo utilizado por Huff. A metodologia inicia-se com a aplicação da Lei de Reilly para identificar pontos de equilíbrio entre cada par de ponto gerador. Posteriormente, considerando uma influência igual nestes pontos, aplica-se a Lei de Huff adaptada visando desenvolver um ajustamento, pelo modelo paramétrico, das equações linearizadas, considerando o custo de deslocamento proporcional a distância euclidiana. O resultado do ajustamento é a valoração do parâmetro  $\lambda$  responsável por ponderar o custo de deslocamento. De posse da Lei de Huff adaptada e sua consequente aplicação, é procedido uma avaliação do resultado pelo Índice de Similaridade Cartográfico (ISC) visando comparar a metodologia desenvolvida com os métodos tradicionais de Voronoi e de Reilly. Constata-se, por fim, a viabilidade da metodologia desenvolvida para obtenção de áreas de influência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geomarketing. Área de influência. Lei de Huff.

**ABSTRACT:** The research seeks to generate areas of influence in order to determine locations where the performance of one generating point is dominant in relation to the others. For this, the technique developed by Huff is adapted, specifically with regard to the calculation of the cost of displacement and the establishment of the parameter, in order to eliminate the empiricism used by Huff. The methodology begins with the application of Reilly's Law to identify equilibrium points between each pair of generator points. Later, considering an equal influence on these points, applies to Huff Act adapted in order to develop an adjustment, the parametric model, the linearized equations, considering the cost of proportional offset the Euclidean distance. The result of the adjustment is the valuation of the parameter  $\lambda$  responsible for weighing the displacement cost. Having the Act adapted Huff and its consistent implementation, is carried an evaluation of the results by Similarity Cartographic Index (CSI) in order to compare the methodology developed with traditional methods of Voronoi and Reilly. Finally, the feasibility of the methodology developed to obtain areas of influence is verified.

**KEYWORDS:** Geomarketing. Area of influence. Huff's Law.

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado corporativo sempre está atento às demandas da sociedade e à busca de locais onde possua maior aceitação por parte dos potenciais clientes. Por conseguinte, identificar as regiões onde uma determinada empresa tenha maior facilidade de oferecer seus produtos é de suma importância para uma maximização de lucros tão desejada [1]. Tais regiões são usualmente identificadas a partir das pesquisas de mercado realizadas nos diversos locais onde se deseja obter uma “radiografia” dos anseios da comunidade. Estabelecer, porém, os limites geográficos destas regiões é tarefa da Cartografia. Evidentemente, o conhecimento cartográfico prévio da região de estudo favorece o estabelecimento das subdivisões encontradas *in loco*, em virtude das segmentações possíveis às quais a organização pode considerar [2].

Neste contexto, a aplicação de técnicas de delimitação das áreas de influência são de suma importância para a tomada de decisão empresarial, definição de rotas rentáveis e otimização de campanhas publicitárias. Isto porque a necessidade de se obter respostas rápidas podem ser impeditivas para uma averiguação do mercado *in loco*. Assim, inferências operacionalizadas por meio de metodologias aplicadas exclusivamente em gabinete podem oferecer uma resposta adequada e rápida a determinadas necessidades da organização. Destarte, o desenvolvimento ou a aplicação de técnicas de identificação das áreas de influência são de utilidade para a empresa hodierna.

Para se estabelecer uma área de influência é preciso considerar a existência de pontos geradores  $B_i$ , uma função de influência  $I$  associada a cada  $B_i$  e um método a ser aplicado.

Assim, é possível descrever, cartograficamente, os limites de uma determinada região a partir do estabelecimento de critérios para sua construção. No caso, os pontos geradores  $B_i$  são usualmente conhecidos pelo mercado corporativo como *Business Point*.

Evidentemente, a seleção ou o estabelecimento de uma metodologia é crucial para a geração de uma área de influência condizente com a realidade do mercado. Logo, não é suficiente apenas estabelecer um método, é necessário validá-lo com a realidade de campo para que se possa aplicá-lo com a devida segurança.

Assim, este artigo procura apresentar um método que viabilize a construção de áreas de influência considerando aspectos exclusivamente objetivos.

## 2. CONCEITOS

### 2.1. Ponto gerador

Neste trabalho, o ponto gerador é definido como o centro geográfico de uma organização qualquer; é um ponto comercial (Business Point). Destarte, é o local de origem de todos os aspectos que servem para influenciar os potenciais clientes, ou seja, as pessoas. Por conseguinte, tais aspectos podem ser atrativos ( $f_a$ ) ou de repulsa ( $f_r$ ). Daí, a necessidade de se compreender o mercado para que se possa estabelecer as condicionantes que tornam um efeito atrativo ou repulsivo para determinada clientela. Evidentemente, o ponto gerador  $B_i$  possuirá uma força resultante, que pode ser considerada simplesmente como a influência  $I$  exercida pela organização.

## 2.2. Função de influência

A influência  $I$  é uma função resultante capaz de modelar o espaço em que se encontra os pontos geradores. A função identifica locais onde um determinado ponto gerador  $B_i$  atua de modo relevante quando comparado aos demais pontos presentes na região. Destarte, cada metodologia utilizada estabelece uma função para a influência  $I$ . Logo, infere-se que cada método empregado gera uma área de influência potencialmente diferente da outra.

Quando aplicado ao mundo real, entende-se que a influência é a resultante entre as forças de atração  $f_a$  e de repulsão  $f_r$  que um determinado ponto gerador  $p_i$  exerce sobre um ponto qualquer  $x$ . Assim, a influência é o resultado da diferença entre as forças e nunca inferior a zero (Eq. 1).

$$I(x, B_i) = \begin{cases} f_a(x, B_i) - f_r(x, B_i), & \text{se } f_a > f_r \\ 0, & \text{se } f_a \leq f_r \end{cases} \quad (1)$$

## 2.3. Áreas de influência

A área de influência  $Z$  é, na realidade, uma região modelada no entorno de um ponto gerador  $B_i$  a partir de uma hipótese válida. Os limites de  $Z$  são usualmente definidos por isócotas ou isócronas, gerando o que é conhecido como áreas influência primária, secundária e terciária [3].

Nesta pesquisa, para se estabelecer os limites de  $Z$  é preciso determinar a quantificação da influência  $I$  exercida pelo ponto gerador  $B_i$  em um ponto qualquer  $x$  de modo que a avaliação seja superior a um limiar  $\mathcal{E}_z$  dado. Neste caso, a área de influência de um determinado ponto é dado por Eq. 2:

$$Z(B_i) = \{ \forall x \in \mathbb{R}^2 / I(x, B_i) \geq \mathcal{E}_z \} \quad (2)$$

O limiar  $\mathcal{E}_z$  é um valor percentual que permite avaliar a atuação de cada ponto gerado  $B_i$  em um dado universo. Assim, os valores para o limiar geram áreas de influência com a seguinte classificação [4]:

- Área de Influência Dominante:  $I \geq \mathcal{E}_z = 50\%$
- Área de Influência Litigiosa:  $10\% < I < 50\%$
- Área de Influência Residual:  $I \leq 10\%$

## 3. EXEMPLO MOTIVADOR

Seja o espaço geográfico (Fig. 1) definido por uma região  $R$  qualquer. Considere-se, ainda, como  $B$ , o conjunto dos 9 pontos geradores  $B_i$  existentes na região, definidos da seguinte forma:

$$B = \begin{cases} B_1 = (480000.0, 8980000.0); \\ B_2 = (500000.0, 8980000.0); \\ B_3 = (520000.0, 8980000.0); \\ B_4 = (480000.0, 9000000.0); \\ B_5 = (500000.0, 9000000.0); \\ B_6 = (520000.0, 9000000.0); \\ B_7 = (480000.0, 9200000.0); \\ B_8 = (500000.0, 9200000.0); \\ B_9 = (520000.0, 9200000.0); \end{cases}$$

Para cada um dos pontos geradores estará associado uma influência. Por sua vez, inferir qual porção do espaço é influenciada diretamente por cada um dos pontos geradores é crucial para uma análise de geomarketing [5]. Evidentemen-

te, ter-se-á uma conformação da região caracterizada para cada modo particular de se avaliar a influência individualizada dos pontos geradores.

Visando permitir uma quantificação das áreas de influência, a região  $R$  foi subdividida em células de tamanho quadrangular, perfazendo um total de 4900 ( $70 \times 70$ ) células na região  $R$  proposta.

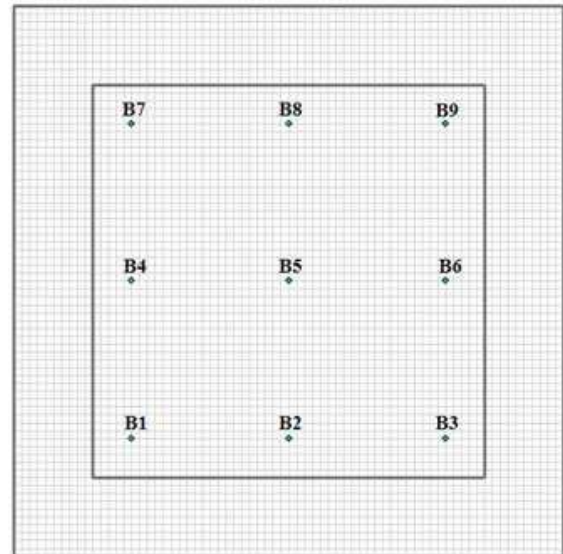


Fig. 1 - Exemplo motivador

## 4. MODELOS PARA ÁREA DE INFLUÊNCIA

A inferência de uma função  $I$  e a definição de um limiar  $\mathcal{E}_z$  são cruciais para o estabelecimento da área  $Z$ . Encontra-se na literatura alguns possíveis modelos para se estabelecer a área de influência a partir de uma função, dentro dos quais destacam-se:

- Diagrama de Voronoi [6];
- Lei de Reilly [7];
- Lei de Huff [8].

### 4.1 Diagrama de Voronoi

Seja  $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\} \subset \mathbb{R}^2$ . Neste caso, cada  $B_i$  é um ponto gerador. Logo, a função de influência  $I$  é dado pela avaliação das distâncias euclidianas  $d$  calculadas de um ponto qualquer a um ponto gerador. Neste caso, as áreas de influência são as localidades do plano onde a distância de um ponto qualquer a um ponto gerador específico é menor que a distância aos demais pontos do conjunto, ou seja, é identificado o mais próximo do ponto. Assim, tem-se a Eq. 3:

$$I = \begin{cases} 1, & \text{se } d(x, B_i) \leq d(x, B_j), \forall B_i \neq B_j \\ 0, & \text{nos demais casos} \end{cases} \quad (3)$$

Destarte, tem-se a obtenção das áreas de influência  $Z_v$  a partir da identificação das células que formam o Diagrama de Voronoi [9] –  $Vor(P_B)$  – a partir de cada um de seus pontos geradores (Eq. 4):

$$Z_v(B_i) = \{ \forall x \in \mathbb{R}^2 / I(x, B_i) > I(x, B_j), \forall B_j \neq B_i \} \quad (4)$$

Considerando o exemplo motivador (Seção 3), é possível aplicar o método de Voronoi aos pontos geradores e identificar as áreas de proximidade (Fig. 2).

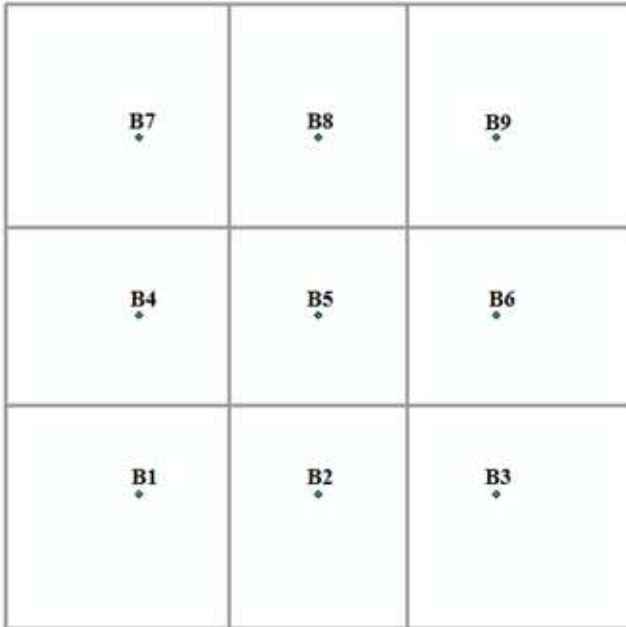


Fig. 2 – Áreas de influência obtidas por Voronoi

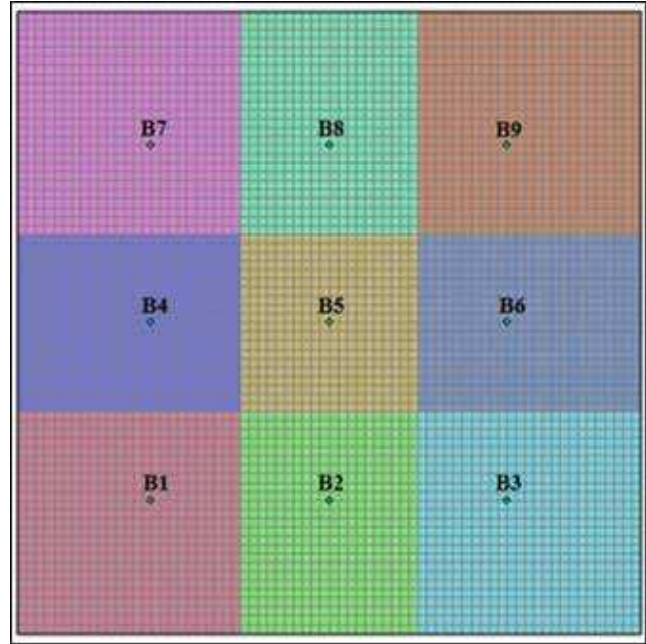


Fig. 3 – Áreas de influência obtidas pela Lei de Reilly

## 4.2 Lei de Reilly

O Lei de Gravitação Universal estabelecida por Newton inspirou William Reilly a estabelecer o que ficou conhecido como a Lei de Reilly ou Teoria Gravitacional do Varejo [2]. Neste caso, a premissa da Lei estabelece que um determinado ponto qualquer é mais influenciado por pontos geradores próximos. Logo, ao se quantificar a influência de dois pontos geradores distintos ( $B_i$  e  $B_j$ ) é possível calcular a distância de um destes até um ponto específico conhecido como ponto  $R_{ij}$  de equilíbrio de Reilly.

Esta distância de equilíbrio (Eq. 5), permite construir regiões onde há maior influência de um ponto gerador específico. Tal região forma um polígono que representa a predominância de  $B_i$  em relação aos demais  $B_j, \forall j \neq i$ .

$$d(R_{ij}, B_i) = \frac{d(B_i, B_j)}{1 + \sqrt{\frac{I(B_j)}{I(B_i)}}} \quad (5)$$

sendo,

$d(R_{ij}, B_i)$  é a distância de equilíbrio contada a partir de  $B_i$  na direção  $(B_i, B_j)$  ;

$d(B_i, B_j)$  é a distância entre os pontos  $B_i$  e  $B_j$  ;

$I(B_i)$  e  $I(B_j)$  são as influências dos pontos  $B_i$  e  $B_j$ , respectivamente.

A partir dos pontos geradores  $B_i$  e  $B_j$  é possível se calcular o azimute  $Az_{ij}$  entre eles e com o conhecimento da distância de equilíbrio  $d(R_{ij}, B_j)$  calcular as coordenadas de  $R_{ij}$  da seguinte forma (Eq. 6):

$$\begin{cases} R_{ij}.x = B_i.x + d(R_{ij}, B_i) \cdot \text{sen}(Az_{ij}) \\ R_{ij}.y = B_i.y + d(R_{ij}, B_i) \cdot \text{cos}(Az_{ij}) \end{cases} \quad (6)$$

A partir dos pontos de equilíbrio  $R_{ij}$  é possível construir o Diagrama de Reilly (Fig. 3), gerando as áreas de influência  $Z_R$  individuais de cada ponto gerador  $B_i$ .

Ao se observar a Lei de Reilly, percebe-se que esta é uma generalização do Diagrama de Voronoi (Seção 4.1). Caso as influências  $I$  de cada ponto gerador sejam iguais, o Diagrama gerado pela Lei de Reilly será idêntico ao Diagrama construído a partir de Voronoi. Assim, há que se utilizar a Lei de Reilly somente quando houver valores distintos para as influências  $I$  de cada ponto gerador  $B_i$ .

## 4.3 Lei de Huff

David Huff apresentou o modelo de interação espacial baseado na aferição da probabilidade de pontos quaisquer no espaço serem influenciados por um determinado ponto gerador. Ressalta-se de que este modelo sugere a existência de zonas de influência complexas, contínuas e probabilísticas. Neste caso, ocorrem áreas de sobreposição com influências múltiplas. Isto porque a influência  $I$  de um ponto gerador específico  $B_i$  não afeta exclusivamente um determinado ponto  $x$  qualquer da região. Sempre há uma influência de todos os demais pontos geradores encontrados na região. Assim, a Lei de Huff favorece a valoração de influência, em um determinado ponto  $B_i$ , de um ponto gerador específico  $x$  ao se computar todos os demais pontos  $B_j, \forall j \neq i$  da região.

A probabilidade  $P_H$ , portanto, é dado por Eq. 7:

$$P_H(x, B_i) = \frac{I(B_i)}{\sum_{k=1}^n \frac{I(B_k)}{T(x, B_k)^\lambda}} \quad (7)$$

sendo,

$P_H(x, B_i)$  é a probabilidade com a qual o ponto  $x$  é influenciado pelo ponto gerador  $B_i$  ;

$I(B_k)$  é a influência exercida pelo  $k$ -ésimo ponto gerador;

$T(x, B_k)$  é o custo de deslocamento do  $k$ -ésimo ponto gerador ao ponto  $x$  ;

$\lambda$  é um parâmetro estimado empiricamente que visa refletir o efeito do custo de deslocamento.

Por Eq. 7, percebe-se que dois elementos são cruciais para uma determinação adequada da probabilidade. O custo de deslocamento  $T(x, B_k)$  e o parâmetro  $\lambda$ . O custo de

deslocamento, evidentemente, pode ser aferido de diversos modos, tais como:

- pela distância euclidiana;
- pela distância sobre grafos;
- tempo despendido no deslocamento.

Avaliar qual o melhor modo aplicar para o cálculo do custo de deslocamento, permitirá obter-se uma resposta mais adequada à probabilidade. Fator crucial para se obter uma resposta satisfatória utilizando a Lei de Huff. Há, ainda, o parâmetro  $\lambda$ , que por ser inferido empiricamente, irá atuar sobre o custo a partir de um tipo específico de mercado. Neste caso,  $\lambda$  irá vincular-se diretamente ao custo de deslocamento estabelecido.

## 5. METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Com o intuito de se eliminar a subjetividade no processo de caracterização das áreas de influência, esta pesquisa propôs uma metodologia com a finalidade de inferir o parâmetro empírico  $\lambda$  da Lei de Huff ao se identificar pontos de equilíbrio obtidos pela formulação proposta por Reilly, da seguinte forma:

- Identificar os pontos geradores  $B_i$ ;
  - Calcular os pontos de equilíbrio de Reilly;
  - Adaptar do cálculo do custo de deslocamento  $T$ ;
  - Ajustar o parâmetro  $\lambda$ ;
  - Calcular as probabilidades segundo Huff;
  - Classificar as áreas de influência.
- Para se viabilizar a construção da Lei de Huff que se aplique aos pontos geradores é necessário definir o custo de deslocamento e inferir adequadamente o parâmetro  $\lambda$ . Entretanto, para se inferir um valor para  $\lambda$  é preciso estabelecer um método de cálculo para se evitar a determinação de forma empírica. Para tal, esta pesquisa propõe uma metodologia combinada entre a Lei de Reilly  $R_{ij}$  e a Lei de Huff. Por conseguinte, é necessário calcular o ponto de equilíbrio de Reilly e neste ponto calcular-se a probabilidade de Huff considerando-a igual (50%), posto ser este um ponto de equilíbrio.
- Considerando o conjunto  $B$  (Seção 2) dos pontos geradores e tendo suas influências individuais arbitradas com um valor unitário, obtém-se 36 pontos de equilíbrio de Reilly  $R_{ij}$ , sendo que há superposição em alguns dos pontos em função da influência ser idêntica para todos os pontos geradores. Sendo visível, portanto, apenas 21 pontos de equilíbrio (Fig. 4).

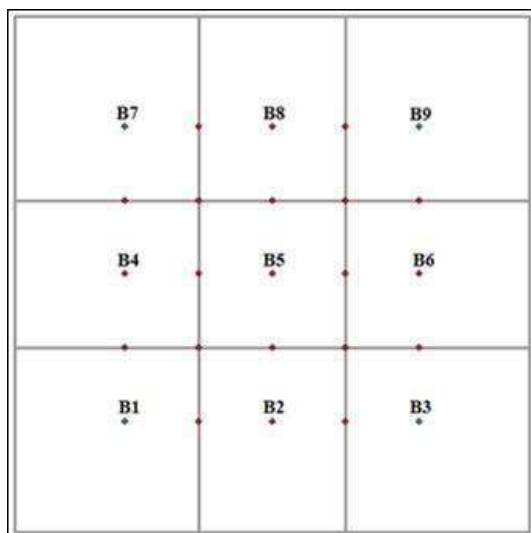


Fig. 4 – Pontos de equilíbrio de Reilly

Esta pesquisa considerou como modelo para o custo de deslocamento  $T(x, B_k)$  o tempo decorrido entre o ponto gerador  $B_i$  e o ponto  $x$ . Visando a simplificação, considerou-se um deslocamento realizado com uma velocidade constante, ou seja,  $v = c^{te}$ , daí resulta que:

$$T(x, B_k) = \frac{1}{v} \cdot d(x, B_k) \Rightarrow T(x, B_k) \propto d(x, B_k) \quad (6)$$

Neste caso,  $T(x, B_k)$  pode ser substituído por  $d(x, B_k)$  sem alteração na probabilidade oferecida pela Lei de Huff. Logo, tem-se (7) generalizado da seguinte forma:

$$P(x, B_i) = \frac{\frac{I(B_i)}{T(x, B_i)^\lambda}}{\sum_{k=1}^n \frac{I(B_k)}{T(x, B_k)^\lambda}} = \frac{\frac{I(B_i)}{d(x, B_i)^\lambda}}{\sum_{k=1}^n \frac{I(B_k)}{d(x, B_k)^\lambda}} \quad (7)$$

Aplicando-se a Lei de Huff no ponto de equilíbrio obtido por Reilly  $R_{ij}$  obtém-se a seguinte condição (Eq. 8):

$$P(R_{ij}, B_i) = \frac{\frac{I(B_i)}{d(R_{ij}, B_i)^\lambda}}{\sum_{k=1}^n \frac{I(B_k)}{d(R_{ij}, B_k)^\lambda}} = \frac{\frac{I(B_j)}{d(R_{ij}, B_j)^\lambda}}{\sum_{k=1}^n \frac{I(B_k)}{d(R_{ij}, B_k)^\lambda}} = P(R_{ij}, B_j) \quad (8)$$

Ao se analisar a Eq. 8 - condição aplicável aos pontos de equilíbrio obtidos por Reilly – percebe-se que o denominador  $\sum_{k=1}^n \frac{I(B_k)}{d(R_{ij}, B_k)^\lambda}$  é o mesmo. Logo, constante. Neste caso, da Eq. 8 pode-se inferir a simplificação (Eq. 9):

$$P(R_{ij}, B_i) = \frac{I(B_i)}{d(R_{ij}, B_i)^\lambda} = \frac{I(B_j)}{d(R_{ij}, B_j)^\lambda} = P(R_{ij}, B_j) \quad (9)$$

A partir da Eq. 9 verifica-se que a condição de equilíbrio proporciona simplificações e linearizações que favorecem o procedim ento posterior de cálculo da seguinte forma:

$$\frac{I(B_i)}{d(R_{ij}, B_i)^\lambda} = \frac{I(B_j)}{d(R_{ij}, B_j)^\lambda} \Rightarrow I(B_i) \cdot d(R_{ij}, B_j)^\lambda = I(B_j) \cdot d(R_{ij}, B_i)^\lambda \quad (10)$$

Linearizando e desenvolvendo, tem-se:

$$\ln(I(B_i) \cdot d(R_{ij}, B_j)^\lambda) = \ln(I(B_j) \cdot d(R_{ij}, B_i)^\lambda),$$

$$\ln(I(B_i)) + \lambda \ln(d(R_{ij}, B_j)^\lambda) = \ln(I(B_j)) + \lambda \ln(d(R_{ij}, B_i)^\lambda),$$

$$\ln(I(B_i)) + \lambda \ln(d(R_{ij}, B_j)) = \ln(I(B_j)) + \lambda \ln(d(R_{ij}, B_i)).$$

Logo,

$$\lambda \ln(d(R_{ij}, B_j)) - \lambda \ln(d(R_{ij}, B_i)) = \ln(I(B_j)) - \ln(I(B_i))$$

Finalmente, obtém-se a equação de condição linearizada (Eq. 10) aplicada aos pontos de equilíbrio:

$$\lambda \cdot (\ln(d(R_{ij}, B_j)) - \ln(d(R_{ij}, B_i))) = \ln(I(B_j)) - \ln(I(B_i))$$

Sejam,  $D_i = \ln(d(R_{ij}, B_i))$ ,  $D_j = \ln(d(R_{ij}, B_j))$ ,  $S_i = \ln(I(B_i))$  e  $S_j = \ln(I(B_j))$ . Tem-se a equação linearizada simplificada (Eq. 11):

$$\lambda \cdot (D_j - D_i) = (S_j - S_i) \quad (11)$$

Sabe-se que (11) é aplicada a cada par de pontos gerado-

res. Logo, ter-se-á  $C_2^n = \frac{n!}{(n-1)!2!} = \frac{n \cdot (n-1)}{2}$  equações, obtidas a partir dos n pontos geradores existentes. No caso do exemplo motivador tem-se n=9. Logo, haverá 36 equações.

De posse de (11) é possível proceder o ajuste do valor considerando o modelo paramétrico (Eq. 12):

$$\lambda = (A^T \cdot L)^{(-1)} \cdot A^T \cdot L \quad (12)$$

sendo,

$$A = \begin{bmatrix} D_2 - D_1 \\ \vdots \\ D_i - D_j \\ \vdots \\ D_n - D_{n-1} \end{bmatrix} \text{ e } L = \begin{bmatrix} S_2 - S_1 \\ \vdots \\ S_i - S_j \\ \vdots \\ S_n - S_{n-1} \end{bmatrix}, \text{ para } 1 \leq j < i \leq n.$$

A partir dos pontos  $R_{ij}$  é possível proceder o ajustamento do valor do parâmetro  $\lambda$  existente na Lei de Huff. A aplicação do método (Eq. 12) no exemplo motivador (Seção 3) permitiu obter o valor 2.0 para  $\lambda$ . Assim, obtém-se a seguinte formulação para a Lei de Huff (Eq. 13) aplicada ao exemplo.

$$P(x, B_i) = \frac{1}{d(x, B_i)^2} \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{d(x, B_k)^2}} \quad (13)$$

Destarte, é possível visualizar as áreas de influência litigiosas ( $0,10 \leq \lambda_z < 0,50$ ) e dominantes ( $\lambda_z \geq 0,50$ ), conforme pode ser observado na Fig. 5, sendo as regiões em verde as áreas dominantes.

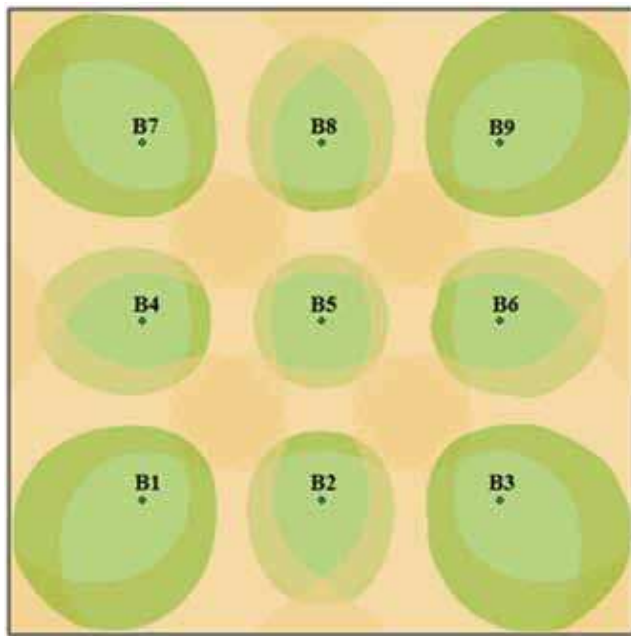


Fig. 5 – Áreas de influência obtidas pela Lei de Huff

## 6. ANÁLISE DAS METODOLOGIAS

Ao se observar as 3 (três) formas de inferir regiões de dominância, percebe-se algumas particularidades que podem ser observadas, especialmente quanto à superposição de áreas e a obtenção das mesmas de modo probabilístico (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise metodologias

Metodologia	Superposição?	Probabilística?
Diagrama de Voronoi	Não	Não
Lei de Reilly	Não	Não
Lei de Huff	Sim	Sim

O Diagrama de Voronoi se assemelha à Lei de Reilly por viabilizar a construção de regiões sem interseções. Neste caso, há criações de células individualizadas sem regiões de atuação nebulosa. Evidentemente, esta aproximação não se coaduna com a realidade observada. Sabe-se que embora haja regiões de clara dominância por parte de um ponto gerador qualquer, há regiões onde há disputas acirradas do mercado e que não podem ser caracterizado como dominada por um ponto gerador qualquer.

Diante dos fatos observados, presume-se que a Lei de Huff adequa-se melhor ao fenômeno de eleição das regiões de dominância relativas a um conjunto de pontos geradores. Entretanto, a Lei de Huff apresenta como inconveniente a não objetividade para o estabelecimento na forma de se avaliar o custo de deslocamento e no empirismo da determinação do parâmetro.

A partir das Figuras 2, 3 e 4 pode-se quantificar a quantidade de células influenciadas por cada ponto gerador no caso tanto de Voronoi como pela Lei de Reilly, conforme a Tabela 2, e pela Lei de Huff, considerando apenas as Áreas Dominantes (Tabela 3) e Litigiosas (Tabela 4). Além disso, é possível avaliar a similaridade das regiões criadas por meio do Índice de Similaridade Cartográfico (ISC), conforme especificado por [10] e apresentada pela Eq. 14, para cada par de metodologias aplicada (Tabela 5). No caso, e são as áreas obtidas após a aplicação de cada metodologia.

$$ISC(A_i, A_j) = \frac{A_i \cap A_j}{A_i \cup A_j} \quad (14)$$

Na Tabela 5 verifica-se que método adaptado de Huff produz uma similaridade diferente das encontradas quando se compara Voronoi com Reilly. Tal fato decorre em função de Huff ser um método probabilístico cuja interação com os pontos geradores são sempre considerados, independentemente da distância. Como Huff é mais adequado a realidade do mercado corporativo, pela Tabela 5 observa-se que tanto Reilly quanto Voronoi são aproximações menos precisas que a desenvolvida por Huff.

Tabela 2 – Quantidade de células por ponto gerador utilizando Voronoi e a Lei de Reilly

Ponto gerador	Qtd células	Ponto gerador	Qtd células	Ponto gerador	Qtd células
	625		500		625
	500		400		500
	625		500		625

Tabela 3 – Quantidade de células dominantes por ponto gerador utilizando a Lei de Huff

Ponto gerador	Qtd células	Ponto gerador	Qtd células	Ponto gerador	Qtd células
	425		260		425
	260		180		260
	425		260		425

**Tabela 4 – Quantidade de células litigiosas por ponto gerador utilizando a Lei de Huff**

Ponto gerador	Qtd células	Ponto gerador	Qtd células	Ponto gerador	Qtd células
	625		940		625
	940		770		940
	625		940		625

**Tabela 5 – Análise do Índice de Similaridade Cartográfico**

	Voronoi	Lei de Reilly	Lei de Huff
Voronoi	-	1,00	0,68
Lei de Reilly	1,00	-	0,68
Lei de Huff	0,68	0,68	-

Ao se observar as Tabelas 2, 3 e 4 verifica-se que tanto Voronoi quanto Reilly geram diagramas que ocupam, diferentemente de Huff, toda a região a ser modelada – total de 4900 células. Neste caso, constatou-se que apenas a aplicação da Lei de Huff é capaz de identificar áreas de dominância com valoração da atuação da influência. Assim, apenas a Lei de Huff permite, a partir de uma influência, especificar as áreas dominantes, litigiosas e residuais (Seção 2.3) consideradas a partir de respectivos limiares. Residindo, ainda, como óbice a aplicação desta técnica, identificar o modo mais adequado para se inferir o parâmetro.

Percebe-se ao analisar as Tabelas que não há proporcionalidade entre as regiões de dominância e a litigiosa, ou seja, são áreas geradas de modo totalmente independentes. Neste caso, é possível determinar que quanto mais central for a unidade de negócio, desde que tenha um valor de influência representativo, maior será a área litigiosa gerada.

Acrescenta-se, também, que a posição geográfica do ponto gerador influencia a área de influência. Logo, apenas considerar a influência não é necessário e suficiente para se obter uma área maior; sua localização relativa frente aos demais pontos geradores também terá impacto sobre a área de influência a ser obtida.

## 7. CONCLUSÕES

A pesquisa desenvolvida procurou estabelecer uma nova forma de se avaliar e de se gerar uma área de influência. Para tal, foram aplicados os métodos determinísticos clássicos de Voronoi e de Reilly e se propôs uma adaptação ao método probabilístico de Huff. Basicamente a proposta de adaptação do método de Huff procurou eliminar o empirismo existente na formulação da Lei.

Com a adoção de uma metodologia adaptada de Huff foi possível gerar as áreas de influência sem o empirismo caracterizado na proposta clássica do método. Neste caso, a determinação de modo objetivo da Lei de Huff, por meio do ajustamento de observações considerando nos pontos de equilíbrio obtidos por Reilly uma probabilidade de 50%, mostrou-se mais satisfatória do que os demais métodos.

A metodologia empregada no exemplo motivador mostrou-se viável. Entretanto, o método demanda maiores cuidados em casos de cenários com distribuições espaciais mais complexas. É mister aplicar Huff adaptado em outros conjunto de dados. Entretanto, observações gerais podem ser inferidas. Percebe-se que quanto mais distante uma determinada unidade de negócio se encontra daquela de maior influência

e quanto menos esta encontrar-se envolvida por outras unidades, maior será a sua região de dominância.

Ressalta-se, também, de que não apenas a influência é relevante para a unidade de negócio. Sua posição relativa frente aos seus concorrentes exercem uma relevância considerável na geração das áreas de dominância e litigiosa. Conforme pode ser observado, quanto mais central for a unidade de negócio maior será a sua área litigiosa e menor a de dominância. Em oposição a esta observação tem-se que quanto mais extrema for a unidade de negócio menor será a área litigiosa e maior a de dominância, evidentemente em função da extensão do locus e do espaçamento entre as unidades de negócio.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Masano, T. F. Geografia de Mercado. In: Sérgio Roberto Dias (Org.) Gestão de Marketing: Professores do Departamento de Mercadologia da FGV-EAESP e Convidados; Saraiva: São Paulo, 2010;
- [2] Kotler, P.; Armstrong, G. Introdução ao marketing; Editora LTC: São Paulo, 2000;
- [3] Applebaum, W. Methods for determining store trade areas, market penetration, and potentials sales; Journal of Marketing Research, Vol 3, nº 2: 1966, pp 127-141;
- [4] da Silva, R. V. Adaptação ao Método de Huff para geração de áreas de influência; Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia, 2015;
- [5] Cliquet, G., Geomarketing: methods and strategies in spatial marketing; John Wiley & Sons: 2006;
- [6] Aragão, P.; Medeiros, C. M. B. Voromarketing; IN: C. IOCHPE, G. CAMAR (Ed), VI Brazilian Symposium on GeoInformatics – GEOINFO; São José dos Campos: 2004;
- [7] Reilly, W. The law of retail gravitation; Ed WJ Reilly, 1931;
- [8] Huff, D. L. Defining and estimating a trading area; Journal of Marketing nº 28, 1964;
- [9] Boots, B. Voronoi (Thiessen) Polygons; Geo Books: 1986;
- [10] Coelho, V. B. N.; Strauch, J. C. M.; Esperança, C. Similarity among multiple geographic representations; International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-3-4/C; ISPRS: 2009