

# **VOROMARKETING:**

## *Um Sistema Parametrizável para Apoio Espacial à Decisão*

Paulo Aragão<sup>1,2</sup> e Cláudia M. Bauzer Medeiros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fundação CPqD – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações - CEP - 13.088-902 – Campinas – SP – Brasil  
aragao@cpqd.com.br

<sup>2</sup>Instituto de Computação – UNICAMP – CP. 6176 – CEP- 13.081.970 – Campinas – SP - Brasil  
{paulo.aragao, cmbm}@ic.unicamp.br

**Resumo:** Este artigo apresenta o VoroMarketing, um sistema para GeoMarketing. Ao contrário da maioria dos sistemas atuais, o VoroMarketing permite ao usuário escolher interativamente parâmetros para modelar áreas de interesse. Além disso, por construção, permite a incorporação de diferentes implementações, via acoplamento de módulos específicos.

**Palavras Chaves:** Sistema de Informação Geográfica, Geomarketing, Geoprocessamento, Decisão Espacial, SIG

## **1. INTRODUÇÃO**

Uma aplicação de GeoMarketing combina dados espaciais e de negócio para apóio à decisão dentro do domínio de mercado. Esta combinação envolve modelos espaciais matemáticos como, por exemplo, modelos espaciais econômicos, modelos localizacionais normativos e regras de mineração de dados espaciais. Os bancos de dados espaciais armazenam dados de interesse à área de mercado (lojas, consumidores, concorrentes, etc.). O objetivo é atender as necessidades dos analistas de negócios através da disponibilização de informações de mercado (delimitação de áreas mercadológicas, melhor localização de pontos comerciais, localização de consumidores potenciais, etc.)

Atualmente, vem crescendo o desenvolvimento de aplicações de GeoMarketing (Melo, 2003). Embora tais sistemas representem um avanço

para o auxílio à tomada de decisões, eles utilizam modelos espaciais bastante simples e sem possibilidade de parametrização. Em uma análise dos sistemas existentes no mercado, Aragão (2004) mostra que a maioria se limita à mera visualização dos dados georeferenciados, sem nenhum modelo espacial associado. Os poucos trabalhos que utilizam SIG associados a modelos espaciais usam apenas os modelos de Reilly e Huff (Aranha e Figoli, 2001). Além disso, trata-se de soluções para um problema específico.

Este artigo apresenta um protótipo Web para GeoMarketing, o *VoroMarketing*, que oferece ao usuário a possibilidade de optar por diferentes modelos espaciais visando uma melhor tomada de decisões. Os modelos implementados foram escolhidos em função de sua adequação ao domínio alvo. A implementação modular permite a incorporação de novos modelos espaciais de mercado para outros domínios de aplicação. Esta implementação evidencia que aplicações de GeoMarketing podem evoluir substancialmente se levarem em conta uma modelagem espacial mais sofisticada.

O restante deste texto está organizado da seguinte forma. A seção 2 descreve os modelos espaciais de mercado mais usados em aplicações de GeoMarketing. A seção 3 apresenta o estudo de caso e introduz os modelos usados neste trabalho. A seção 4 define a arquitetura do *VoroMarketing* e a seção 5 exemplos de uso. A seção 6 conclui o artigo.

## **2. MODELOS ESPACIAIS DE MERCADO**

Os *modelos espaciais de mercado* são aqueles que descrevem um fenômeno baseado em considerações espaciais para suporte à tomada de decisões pelos analistas de mercado. Este texto se restringe a apresentar alguns modelos que descrevem o comportamento do consumidor na escolha da melhor opção para obtenção de um produto ou serviço

A *Teoria do Lugar Central* (TLC) parte do princípio de que o consumidor adquire mercadorias de baixo valor na sua própria cidade. No entanto, quando a mercadoria é de maior valor, o consumidor está disposto a percorrer distâncias maiores e adquirir tal produto em cidades vizinhas maiores, em busca de melhores preços e qualidade (Aranha e Figoli, 2001). A TLC usa hipóteses simplistas como topologia da região homogênea, custos de transportes uniformes e fornecedores uniformemente distribuídos. Estas considerações resultam em uma estrutura hierárquica de cidades com áreas mercadológicas hexagonais, como representado na Figura 1, em que as cidades maiores atendem as menores.

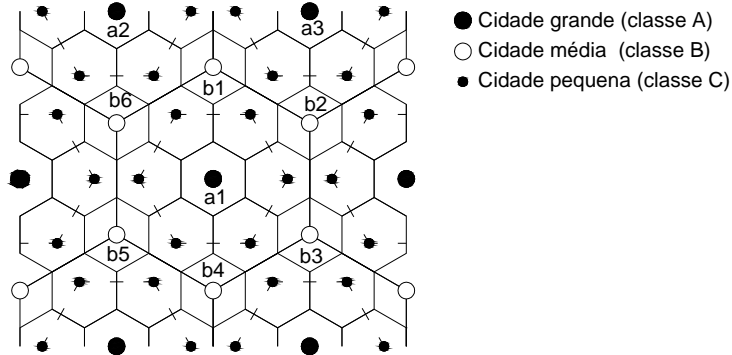


Figura 1. Modelo TLC

O modelo baseado nos *polígonos de Thiessen* ou *polígonos de Voronoi* considera que o consumidor realiza compras no centro comercial mais próximo (Yrigoyan e Otero, 1998). O polígono de Voronoi  $A(p_i)$  de um ponto  $p_i$  representa uma região no espaço definida como

$$A(p_i) = \{p \mid d(p, p_i) \leq d(p, p_j)\} \quad (1)$$

para  $j \neq i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$  e  $d(p, p_i)$  representa a distância euclidiana entre um ponto qualquer  $p$  e o ponto gerador  $p_i$  (Okabe et al., 1992).

Na Figura 2, os pontos  $p_1, p_2, \dots, p_6$  representam lojas e as arestas formam os polígonos de Voronoi que definem a área mercadológica de cada loja.

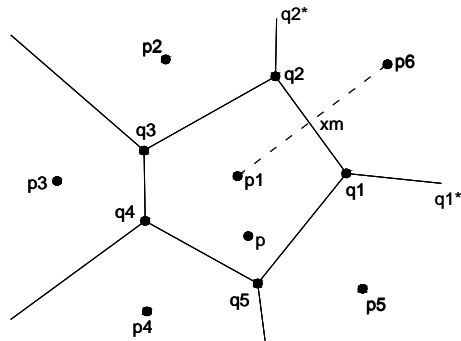


Figura 2. Polígono de Voronoi

Os modelos gravitacionais consideram que outros fatores, além da distância, influenciam na escolha do consumidor. O *modelo gravitacional de Reilly*, baseado na lei gravitacional de Newton, estabelece que o consumidor

localizado em uma determinada região realiza compras na cidade com maior poder de atração (Aranha e Figoli, 2001; Jung, 1959). O poder de atração  $F_{ij}$  que uma cidade  $j$  exerce sobre um consumidor  $i$  é diretamente proporcional à sua população e inversamente proporcional ao quadrado da distancia entre a cidade e o consumidor (Aranha e Figoli, 2001), ou seja

$$F_{ij} \sim \frac{P_j}{d_{ij}^2} \quad (2)$$

Assim, o *ponto de equilíbrio*, definido como o local onde os poderes de atração entre duas cidades se igualam, serve como base para definir áreas mercadológicas do modelo de Reilly. Calciu e Salerno (1997) e Huff (1964) descrevem métodos aproximados para a delimitação de tais áreas.

O *modelo gravitacional de Huff* estabelece que as opções de compras de um consumidor são conduzidas por fatores probabilísticos (Huff, 1964). A Figura 3 mostra a área da loja  $J1$ , delimitadas por gradientes de probabilidades, onde  $J1, \dots, J3$  representam as lojas e  $X1, \dots, X9$  os consumidores. A probabilidade  $P_{ij}$  de um consumidor  $i$  fazer compras em uma loja  $j$  é dada pela Eq. (3), onde  $k=1, 2, \dots, n$  representa as lojas (Huff, 1964).

$$P_{ij} = \frac{F_{ij}}{\sum_{k=1}^n F_{ik}} \quad (3)$$

No modelo de Reilly o fator de atração é representado pelo tamanho da população, enquanto o modelo de Huff é caracterizado pelo tamanho do centro comercial. E ainda, no modelo de Reilly o fator de repulsão é representado pelo quadrado da distância enquanto o modelo de Huff é caracterizado pelo tempo de viagem elevado a um parâmetro  $\lambda$  que varia com o produto a ser comprado (Huff, 1964).

Os *modelos Multiplicativo de Interação Competitiva, Logit Multinomial e de Destinos Competitivos* são também probabilísticos. Descrições de tais modelos são encontrados em Yrigoyan e Otero (1998). Em particular, o *modelo de Destino Competitivo* considera que a escolha do consumidor é feita a partir de um grupo de opções.

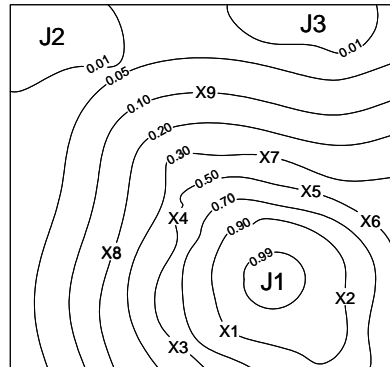


Figura 3. Modelo de Huff e sua Área

A maioria das aplicações de GeoMarketing utiliza o modelo de Reilly. Os métodos usados em Calciu e Salerno (1997) e Huff (1964) têm o inconveniente de gerar áreas sobrepostas e regiões sem atendimento. O *Diagrama de Voronoi Multiplicativamente Ponderado (DVMP)* visa resolver este problema. Este diagrama é gerado substituindo-se a distância euclidiana usada na Eq. (1) pela *distância multiplicativamente ponderada*  $d_{mw}$  definida na Eq. (4).

$$d_{mw}(p, p_i) = \frac{d(p, p_i)}{w_i} \quad (4)$$

onde  $d(p, p_i)$  é a distância euclidiana de um ponto  $p$  ao ponto gerador  $p_i$  e  $w_i$  é o peso associado ao ponto gerador  $p_i$  (Okabe et al., 1992). As arestas dos polígonos geralmente são formadas por segmentos de arcos circulares. Da Eqs (1) e (4) o polígono de voronoi multiplicativamente ponderado  $A_{mw}(p_i)$  é definido por

$$A_{mw}(p_i) = \left\{ p \mid \frac{d(p, p_i)}{w_i} \leq \frac{d(p, p_j)}{w_j} \right\} \quad (5)$$

De acordo com o modelo de Reilly, a área mercadológica  $A_R(p_i)$  de uma cidade  $i$  é a região na qual esta cidade exerce um poder de atração maior ou igual do que o restante das cidades. Partindo desta definição e da Eq (2) se conclui que a área mercadológica segundo este modelo é expressa por

$$A_R(pi) = \left\{ p \mid \frac{P_i}{d(p, pi)^2} \geq \frac{P_j}{d(p, pj)^2} \right\} \quad (6)$$

De forma semelhante, esta área mercadológica corresponde à região na qual o inverso do poder de atração desta cidade (ou inverso da raiz quadrada do poder de atração) é menor ou igual ao restante das cidades (Aragão, 2004), ou seja

$$A_R(pi) = \left\{ p \mid \frac{d(p, pi)}{\sqrt{P_i}} \leq \frac{d(p, pj)}{\sqrt{P_j}} \right\} \quad (7)$$

Portanto, de acordo com as Eqs (5) e (7), no modelo original de Reilly, as áreas mercadológicas representam um DVMP onde os pesos das cidades correspondem à raiz quadrada de sua população.

Alguns trabalhos utilizam o DVMP para a definição de áreas. Por exemplo, Rezende et al (2000) define as áreas de abrangência de hospitais públicos usando o DVMP usando como peso as estimativas de internação anual. Gonçalves e Mendes (2002) utiliza o DVMP para o estudo de localização de novas lojas varejistas baseado em previsão por analogia. Boots e South (1997) utiliza uma combinação do DVMP com *diagramas de Voronoi de ordem k* e *diagramas de Voronoi ordenado de ordem k*. Este modelo estende os modelos existentes assumindo que o consumidor faz compras em mais de uma loja.

### 3. GEOMARKETING E TELEFONIA

A motivação deste trabalho é o uso de modelos mercadológicos para aplicação em telefonia. Para isto, escolheu-se um problema piloto no CPqD: realocação de assinantes a caixas terminais através do recálculo automático de áreas de atendimento. O menor elemento de rede, ou seja, aquele que atende o cliente em seu ponto final, são a caixa terminal e a caixa predial. A caixa predial só atende a um endereço composto de várias unidades (prédio residencial ou comercial, hospital e escolas). A caixa terminal é posicionada no poste da rede pública de iluminação e atende a vários endereços (normalmente casas). Sua limitação de atendimento fica restrita à sua capacidade e distância do seu ponto de instalação até a residência.

Para uma melhor administração da rede e, por razões econômicas, as caixas terminais possuem uma área de atendimento. Em uma rede bem dimensionada não existe necessidade de atender clientes fora desta área. O

problema é que este redimensionamento não é fácil de se fazer manualmente, chegando a ser impossível o recálculo destas áreas em grandes regiões. O *VoroMarketing* adotou o DVMP para geração de áreas de atendimento visando uma possível realocação dos assinantes entre as diversas caixas terminais. Na definição do peso, a capacidade da caixa atua como variável de atração (aumenta a área de atendimento) e a ocupação atual como variável de repulsão.

#### 4. PROJETO DO VOROMARKETING

A Figura 4 apresenta a arquitetura do VoroMarketing baseada em camadas.

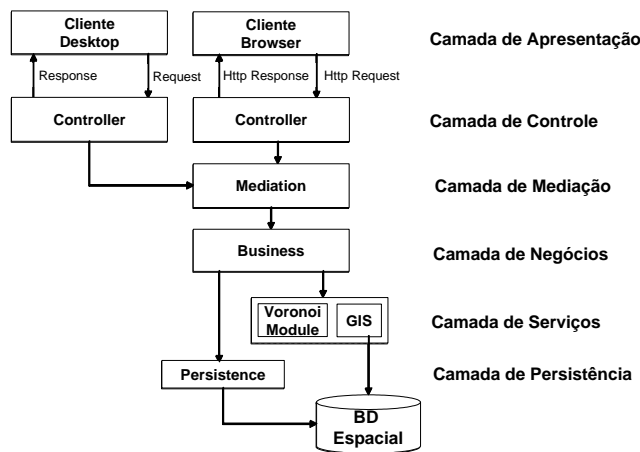


Figura 4. Arquitetura do VoroMarketing

A *camada de apresentação* fornece uma interface de comunicação entre o usuário e o sistema, permitindo a entrada de dados e a visualização do resultado.

A *camada de controle* possibilita uma separação entre as camadas de apresentação e de negócios. Isto permite substituir tais camadas sem alterar o comportamento do sistema.

A *camada de mediação* representa uma forma única de acesso às funcionalidades do sistema. A *camada de negócios* representa o domínio da aplicação, com os objetos responsáveis por gerar os resultados requisitados pelo usuário. Isto permite alterar o SIG sem afetar o restante do sistema.

A *camada de serviços* permite acessar o SIG e módulos externos ao sistema como, por exemplo, os algoritmos para geração dos diagramas. A *camada de persistência* é responsável por acessar o banco de dados espacial.

#### 4.1 Estrutura e Implementação dos Pacotes

O projeto e a implementação do *VoroMarketing* utilizou o RUP (Rational Unified Process), um processo padrão para desenvolvimento de software (Booch et al., 1999). A implementação do *VoroMarketing* utilizou as seguintes ferramentas: *Rational Rose Enterprise Edition™* para criação dos artefatos em UML e geração automática de código; linguagem de programação *Java™*; Servidor web *TomCat™*; SIG *MapXTreme™*. A Figura 5 mostra os pacotes principais da aplicação e a dependência entre eles.

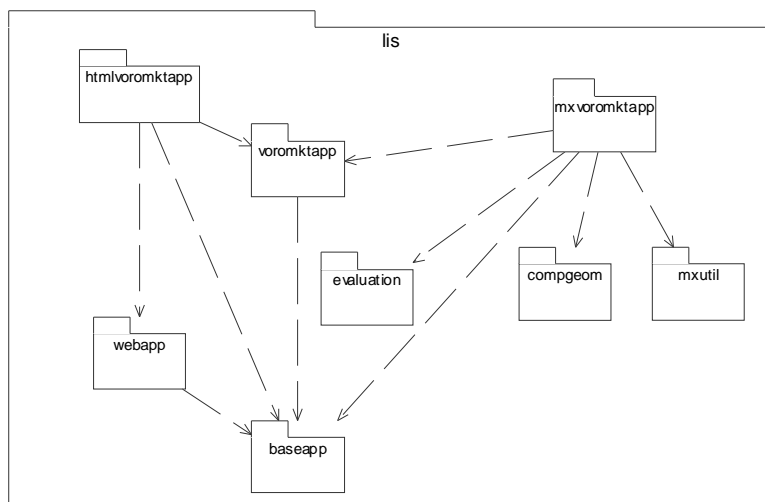


Figura 5. Estrutura dos Pacotes

As classes foram projetadas considerando diversos padrões de projeto (Gamma et al., 1995). O pacote *htmlvoromktapp* implementa as camadas de apresentação e controle. A camada de apresentação é composta por várias páginas HTML e JSP.

Os pacotes *webapp* e *baseapp* representam as bibliotecas básicas para a construção de aplicações. Enquanto o pacote *webapp* é específico para construir aplicações Web, o pacote *baseapp* é utilizado para aplicações Web e desktop.

O pacote *voromktapp* é composto por um conjunto de interfaces para a comunicação com a camada de negócios da aplicação.



O pacote *mxvoromktapp* implementa as interfaces do pacote *voromktapp* utilizando o SIG MapXtreme™. Esta configuração garante a facilidade de troca por um outro SIG.

O pacote *evaluation* disponibiliza as classes destinadas a avaliar uma expressão matemática para os cálculos requeridos pelos modelos, baseados nos atributos dos objetos espaciais de interesse.. O pacote *compgeom* contém os algoritmos de geometria computacional para geração dos diferentes tipos de diagramas de Voronoi.

Os pacotes *htmlvoromktapp* e *webapp* são os únicos específicos para uma aplicação Web. Para a construção de uma aplicação desktop, basta substituir o pacote *htmlvoromktapp* por um outro com nova implementação das camadas de apresentação e controle. Este princípio de separação se aplica a outras camadas. Em particular, o pacote *compgeom* não depende de nenhum outro, o que garante uma flexibilidade para extensão de novos algoritmos e facilidade de manutenção.

## 5. USO DO VOROMARKETING

Os modelos atualmente implementados são os *diagramas de Voronoi ordinário* (DVO) e DVMP. Os atributos da caixa terminal são usados para calcular seu peso e gerar sua área de atendimento que, por sua vez, determina como os assinantes deverão ser realocados para suprir uma necessidade futura de crescimento da demanda. Uma característica peculiar do *VoroMarketing* é permitir ao usuário a liberdade para definir o modelo espacial para a geração do DVMP. Com isto, o VoroMarketing poderá ser utilizado em diferentes domínios de aplicações.

A Figura 6 representa o DVMP gerado pelo *VoroMarketing* considerando o peso  $w$  como sendo a razão entre a capacidade da caixa terminal e sua ocupação (quantidade de consumidores atendidos por esta caixa).

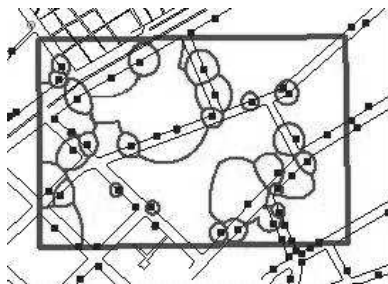


Figura 6. DVMP para  $w = \frac{cap}{ocup}$

A Figura 7 representa o DVMP considerando o peso  $w$  como sendo a raiz cúbica da razão entre a capacidade da caixa terminal e sua ocupação. Neste caso, as áreas de atendimento geradas apresentam uma melhor qualidade quando comparada à Figura 6. A razão é que a distância apresenta uma maior importância quando comparada à atratividade. Assim, esta consideração reflete a realidade na definição das áreas de atendimento das caixas, já que neste caso a distância é uma variável importante no atendimento aos assinantes.

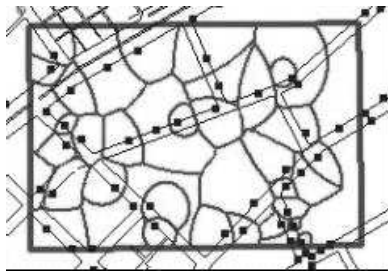


Figura 7. DVMP para  $w = \left( \frac{cap}{ocup} \right)^{\frac{1}{3}}$

A Figura 8 ilustra uma cópia de tela do VoroMarketing. O menu à esquerda disponibiliza as funcionalidades. O botão “MWVD Weight” permite definir os pesos para cálculo do DVMP.



Figura 8. VoroMarketing

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o *VoroMarketing*, uma aplicação de GeoMarketing configurado para uma aplicação específica de telefonia. Ao contrário dos trabalhos de GeoMarketing na literatura, o *VoroMarketing* é customizável, permitindo a incorporação de novos modelos espaciais, sendo assim adaptável a diferentes domínios de aplicação. Por apresentar uma arquitetura baseada em camadas, pode ser adaptado a diferentes SIG's. Outra contribuição deste trabalho é o uso do DVMP combinado ao SIG, enquanto que a maioria dos trabalhos se limita ao modelo de Reilly. Mais detalhes aparecem em Aragão(2004).

Várias extensões são possíveis. Uma delas é a otimização dos algoritmos de DVO e DVMP. A calibração dos pesos do DVMP usando métodos estatísticos seria outra possibilidade.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido dentro de um Convênio entre o IC-Unicamp e o CPqD. Teve financiamento parcial do FUNTTEL e dos projetos PRONEX-SAI, CNPq WebMaps e AgroFlow.

## REFERÊNCIAS

- Aragão, P., 2004. GeoMarketing: Modelos e sistemas, com aplicações em *telefonia*. Dissertação de Mestrado sob orientação de C. M. B. Medeiros. Disponível da biblioteca digital de teses da Unicamp.
- Aranha, F. e Figoli, S., 2001. *GeoMarketing: Memórias de viagem*. FGV-SP, Documento eletrônico. Disponível sob pedido a francisco.aranha@fgvsp.br.
- Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I., 1999. The unified modeling language user guide. Addison-Wesley Object Technology Series.
- Boots, B. and South, R., 1997. *Modeling retail trade areas using higher-order, multiplicatively weighted Voronoi diagrams*. Journal of Retailing Winter 1997 Volume 73 Number 4 Greenwich, JAI Press Inc.
- Calciu, M. and Salerno, F., 1997. A new approach to spatial management of retail networks, based on German School's central place theory. On book: Application to Bank Location, Dans H.Mühlbacher/J-P Flipo (Eds.) Advances in Services Marketing, Gabler, Wiesbaden.
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J., 1995. Design patterns – Elements of reusable object-oriented software. Addison-Wesley Professional Computing Series.
- Gonçalves, A. B. e Mendes, A. B., 2002. *Caracterização de áreas de influência de lojas de retalho alimentar de pequena dimensão com base em diagramas de Voronoi ponderados*. Em: ESIG'2002. Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica 7ª ed. USIG, Lisboa.
- Huff, D. L., 1964. *Defining and estimating a trading area*. Journal of Marketing, 28:34-38.

- Jung, A.F., 1959. Is Reilly's law of retail gravitation always true? *Journal of Marketing*. 14:2, 62-63.
- Melo, T., 2003. *Uso e aplicação de modelos econômicos em sistemas de informação para Geomarketing*. Dissertação de mestrado sob orientação de C. B. Medeiros, IC-UNICAMP, dezembro de 2003.
- Okabe, A., Boots, B. and Sugihara, K., 1992. *Spatial tessellations: Concepts and applications of Voronoi diagrams*. New York: John Wiley & Sons.
- Rezende, F. A. V. S., Almeida, R. M. V. e Nobre, F. F., 2000. *Diagrama de Voronoi para a definição de áreas de abrangência em hospitais públicos do município do Rio de Janeiro*. *Cadernos de Saúde Pública*. Rio de Janeiro: , v.16, n.2, p.109 - 118.
- Yrigoyan, C. C. and Otero, J. V., 1998. *Spatial interaction models applied to the design of retail trade areas*. 38th Congress of the European Regional Science Association. CD-ROM. Viena, 30 Agosto - 3 Septiembre, 1998.