



Capítulo 1

Escolhas Conscientes em Tecnologias de Geoinformação para Representação, Análise, Simulação e Proposição para um Território: Suporte ao Geodesign

DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/geop01>

Ana Clara Mourão Moura

VOLTAR AO SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

O expressivo desenvolvimento e a difusão das tecnologias de geoinformação tornaram acessíveis ferramentas que respondem a modelos de representação, análise, simulação e proposição de ocorrências e condições territoriais disponíveis aos usuários que precisam trabalhar com a investigação especial. Na verdade, as ferramentas são facilitadoras de processos matemáticos que foram anteriormente pensados como modelos ainda quando estavam sendo executados a muito custo e de modo analógico, mas que hoje são significativamente facilitados pela informática, favorecendo uma das possibilidades mais interessantes na análise espacial, o estudo exploratório. Isso porque é possível realizar muitas simulações e verificar, *vis-à-vis* com a realidade existente e com os objetivos de investigação, os possíveis resultados.

Contudo, para que se possa usar adequadamente esse grande campo de possibilidades, é necessário atuar de modo consciente e sabendo quais modelos estão por trás de cada ferramenta. Preocupa-nos a atuação de usuários que se limitam a escolher uma ferramenta digital apenas porque ela é a disponível, sem investigar se a lógica que a sustenta é adequada para o seu motivo de investigação. Por outro lado, um usuário que domina os passos e as álgebras de cada processo pode ampliar muito a sua forma de atuação, criando, testando e calibrando modelos que respondam por um fenômeno ou processo espacial.

O objetivo do estudo apresentado neste capítulo é discutir os momentos cruciais de decisões em uma análise espacial, usando como exemplo um dos métodos mais clássicos, que é o de análise de multicritérios, uma ferramenta extremamente empregada entre usuários de geoprocessamento, mas na maioria dos casos na forma de caixa-preta, em que o usuário não sabe explicar os resultados ou defender suas escolhas. Pode-se dizer que o usuário atua sem critérios defensáveis e reproduzíveis, ou seja, não sustenta suas decisões. E caso outro pesquisador repita os passos que foram executados, corre o risco de obter uma resposta bem diferente.

Em situações nas quais as tomadas de decisão incidam sobre a vida de muitos, ou em que se espera que o planejador seja um decodificador da vontade coletiva, a clareza de processos é ainda mais importante. Cada escolha leva a resultados diferentes, e é preciso realizar escolhas justificáveis. É necessário, ainda, considerar a modelagem dinâmica, que não resulta em apenas uma resposta, mas que pode ser ajustada dinamicamente a partir de opiniões, e serem obtidas, em tempo real, novas respostas para que se decida pela composição que melhor represente o olhar coletivo, sabendo, claramente, que valores de época e culturais mudam respostas. O pesquisador que mapeia o território precisa estar atento a comportamentos, que quando repetidos conformam uma tendência a partir da qual podemos extrair os valores principais, que por sua vez conformam uma cultura (Figura 1).

Figura 1 - O pesquisador que mapeia o território precisa estar atento aos contextos de trabalho



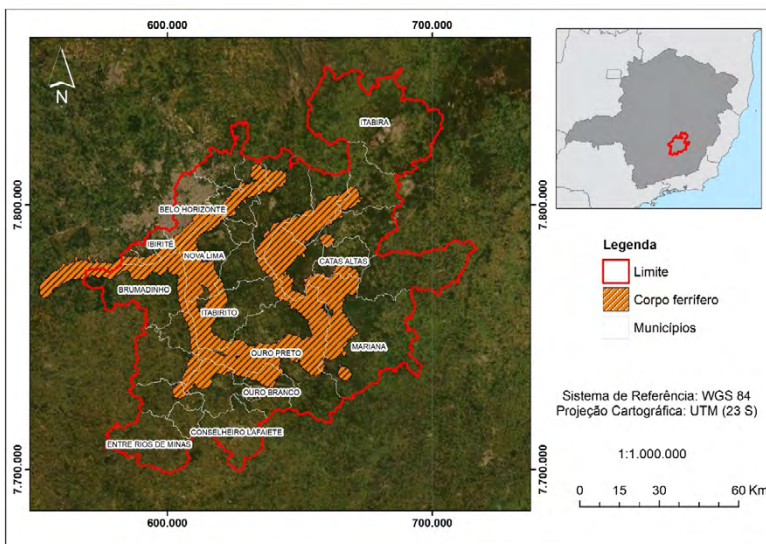
Fonte: Elaborada pela autora (2019).

É necessário lembrar que quem trabalha com geoprocessamento aplica modelos, e que modelos são simplificações da realidade (MOURA, 2003). As simplificações exigem recortes espaciais, temporais, conceituais e metodológicos. Os recortes espaciais exigem cuidados na delimitação da área de estudo em função dos riscos de efeito de bordas: os recortes devem ser pensados a partir de unidades de paisagem e das justificativas de estudo. Como exemplo: sabe-se que o território definido como “Quadrilátero Ferrífero”, em Minas Gerais, explica-se a partir do corpo ferrífero mapeado inicialmente por Dorr, em 1969, que assim o chama pela forma quadrangular delimitada pelas serras, de norte para sul e de oeste para leste: Serra Azul, Rola Moça, Curral e Piedade (flanco norte); Moeda (flanco oeste); Ouro Branco e Outro Preto (flanco sul); Caraça e Gandarela (flanco leste) (DORR, 1969; ROSIÈRE; CHEMALE JUNIOR, 2013; CASAGRANDE, 2018). Contudo,

se o objetivo do trabalho for o de dar suporte a ações administrativas nos municípios, o recorte espacial precisa considerar essa delimitação territorial (Figura 2).

Além disso, cabe verificar a possibilidade de erros de borda nos modelos. Ao fazer o recorte, é preciso avaliar se áreas de fronteiras não serão prejudicadas em processos de interpolação de dados ou mesmo pela presença de usos diferenciados logo após suas linhas de divisa. No caso de interpolação de dados, é necessário utilizar amostras que estejam além das fronteiras. O problema mais clássico de erro de recorte espacial é quando há um elemento geográfico como fronteira e ele é reduzido em área, como é o caso de um rio ou de uma linha de cumeada. Nesse caso, cabe a inclusão do elemento geográfico por inteiro na área de estudo.

Figura 2 - Exemplo em que o recorte territorial foi ajustado para atender aos objetivos da investigação: seleção de limites municipais administrativos daqueles que estão mais envolvidos com a atividade de mineração ou seus desdobramentos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais



Fonte: Elaborada pelo Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG (2019).

O recorte temporal está relacionado ao cenário que se deseja estudar. O mais comum é estarmos sujeitos à disponibilidade do dado para decidirmos sobre a escala temporal. Os mapeamentos de uso do solo, atualmente, são muito facilitados pela rica disponibilidade de imagens de satélite e pela possibilidade de escolha da estação e do ano de representação. Mas é fácil compreender que a escolha do período chuvoso ou seco no mapeamento da cobertura vegetal precisa ser norteado pelos motivos de investigação: caracterizar as condições da vegetação em sua melhor ou em sua pior fase? Por outro lado, dados censitários sobre informações socioeconômicas e demográficas são os mais frágeis quanto ao recorte temporal, posto que no Brasil o censo mais detalhado acontece a cada dez anos. A questão se torna bastante complexa quando há dados de diferentes referências temporais para serem integrados. Os anos de 2019 e 2020 serão particularmente problemáticos para isso, pois estaremos usando dados censitários de quase dez anos atrás para serem eventualmente combinados com outros dados mais atuais.

Tanto no recorte espacial como no recorte temporal, é fundamental o acesso aos metadados dos dados escolhidos. Os metadados são os “dados sobre os dados”, indicando a origem do dado, sua escala original, o ano de coleta e de elaboração, o autor e o método empregado para se trabalhar os dados, entre outras informações. Em tempos de uso de dados digitais, isso é muito sério, pois o fato de eles estarem disponíveis em uma plataforma não significa que estejam atualizados ou mesmo que a coleta tenha sido realizada em escala adequada para o uso que se pretende (MOURA, 2005).

No que se refere ao recorte conceitual, a questão se torna ainda mais complexa, pois a justificativa é cultural. O modo como compreendemos o mundo está relacionado ao modo como aprendemos a identificar seus valores, tanto por convívio cidadão como pela escolha dos autores que são nossas referências. O Brasil tem passado por um reducionismo na leitura da realidade, e é assustador ver alunos e pesquisadores que já chegam com a resposta pronta e usam os dados apenas para “comprovar” suas ideias, que são guiadas por escolhas ideológicas. O olhar sobre a realidade muda tam-

bém por viés profissional, pois a interpretação que um economista faz de um território e sua composição é diferente, por exemplo, do olhar de um ambientalista. E os olhares e valores mudam com o tempo. Então a melhor forma de se fazer o recorte conceitual é apresentar claramente a base norteadora e motivadora da investigação. E a melhor forma de se considerar esse recorte quando se trabalha em um estudo de interesse da sociedade é considerar os diferentes olhares como se fossem diferentes cenários.

Como exemplo, podemos citar o estudo que conduzimos, cujo objetivo era apresentar um *ranking* de áreas prioritárias para recebimento de intervenções de requalificação entre as 286 vilas e favelas de Belo Horizonte (MOURA *et al.*, 2009). Desenvolvemos um processo que apresentava uma lista de prioridades de intervenção caso os interesses de fragilidade de infraestrutura fossem os mais importantes; outra lista caso os interesses de risco geotécnico fossem os mais importantes; outra lista caso os interesses de impacto ambiental fossem os mais importantes; e outra lista caso os interesses de fragilidade socioeconômica fossem os mais importantes. Quatro cenários, mais um cenário integrado no qual a hierarquia era justificada pela presença do conjunto de fatores. A nossa decisão por apresentar diferentes cenários se justificou por favorecer que o poder público pudesse fazer suas escolhas em função de uma plataforma ou de um acordo político previamente traçados.

Finalmente, cabe abordar o recorte metodológico, que será o foco principal do presente trabalho. A partir da definição da área de estudo, da projeção temporal que se espera para as análises, do recorte territorial de análise e do posicionamento do orquestrador do estudo sobre seus valores e suas expectativas, são coletados e trabalhados os dados, que devem se transformar em informação para, finalmente, resultarem em conhecimento. Só que os caminhos a serem percorridos são muitos, e há diferentes possibilidades. Por todo o percurso, o pesquisador precisa fazer escolhas metodológicas, que devem ser defensáveis e reproduzíveis. Há muitas formas de se fazer a mesma coisa, há diferentes modelos e ferramentas disponíveis. Mas as escolhas precisam ser conscientes e justificadas. O simples fato de ter à disponibilidade uma ferramenta em um *software* para se aplicar um método

não justifica sua escolha. É preciso traçar um fio condutor metodológico que faça sentido para os objetivos definidos e para os vários recortes realizados.

Diante do exposto, é objetivo deste capítulo percorrer criticamente várias fases de produção de dados, transformação em informação e favorecimento de construção de conhecimento em uma análise territorial, apresentando possibilidades de escolhas e justificativas associadas a cada passo. As discussões vão desde a escolha da área e da identificação de suas características principais até o suporte à criação coletiva de ideias para uma área em processos de planejamento territorial através do Geodesign.

Os passos básicos em análise espacial

Inicialmente, o pesquisador precisa ter clareza dos objetivos de investigação, do recorte espacial e suas características, das condições de borda desse recorte, sobre as dinâmicas territoriais que ali acontecem, sobre eventuais ocorrências espaciais. São as perguntas “O quê?”, “Por quê?”, “Onde?”, “Em qual tempo?” e, finalmente, “Como?”. Por via de regra, apresentamos o seguinte esquema, muito útil na orientação das decisões iniciais (MOURA, 2003):

1. Clara definição de objetivos;
2. Escolha de variáveis que respondem pelas características da área segundo suas especificidades, potencialidades e vulnerabilidades;
3. Aplicação de modelos de transformação dos dados em comportamento das variáveis no território;
4. Escolha dos modelos de integração de variáveis;
5. Comparação de resultados com a realidade observada;
6. Calibração – ajustes e alterações nas etapas anteriores;
7. Validação de resultados;
8. Elaboração de propostas de planejamento e gestão.

Esse esquema, que usamos há mais de 15 anos, ainda é bastante válido. Só que as possibilidades das tecnologias de geoinformação e ampliação da consciência sobre processos participativos e escuta cidadã têm aberto etapas dentro das etapas para que sejam promovidas formas de avaliar questões qualitativas e culturais, de modo que os estudos possam ser representativos de diferentes olhares da sociedade.

Os objetivos, por exemplo, podem ser muitos, em paralelo ou em conexões, quando se pretende incluir as opiniões técnicas, as opiniões administrativas e as opiniões cidadãs. A partir de cada objetivo, as variáveis e suas hierarquias serão definidas. Da mesma forma, serão apresentadas diferentes formas e seus respectivos modelos de integração de variáveis. A verificação ante a realidade também responde a olhares diferentes.

Para ilustração das explicações, apresentaremos alguns estudos de caso para favorecer os raciocínios, sem prejuízo de ampliação dos exemplos para outras realidades e condições.

Clara definição dos objetivos

Muitas vezes, inicia-se um estudo sem se ter a devida clareza do que se quer alcançar. A discussão dos objetivos de investigação exige revisão bibliográfica de conceitos e clareamento do que se espera, de fato, da análise espacial. Cabe ilustrar com um estudo de caso que desenvolvemos, cuja ideia era conduzir um estudo exploratório de caracterização da qualidade ambiental urbana de uma região de Belo Horizonte, a Pampulha, investigando o ponto de vista do usuário que se desloca na paisagem e sente-se acolhido, confortável, beneficiado pela visão agradável, com boas condições de usufruir do território, com vontade de aproveitar a experiência urbana. Começamos por nos perguntar: eu escolho os lugares por onde passo na cidade, tanto a pé como de carro, em função da agradabilidade de cada porção do território? Seria possível identificar as componentes principais que tornam um espaço urbano qualificado?

Realizamos a revisão bibliográfica e encontramos muitas definições e, talvez prematuramente, definimos que nosso objetivo seria voltado aos princípios de “*walkability*” (caminhabilidade), hoje muito em estudo no mundo. Há eixos temáticos em congressos e encontros específicos sobre a temática, movimentando o mundo dos usuários de geoprocessamento acerca da investigação. Chegamos a escrever um primeiro artigo no qual as palavras *walkability* e *mobility* foram palavras-chave (SANTOS; MOURA, 2019). Desenvolvemos todo um estudo para, na etapa de calibração de resultados, perguntarmos-nos sobre o estranhamento das respostas, as quais indicavam como interessantes áreas onde não teríamos vontade de caminhar e como não interessantes áreas para as quais esperávamos bons resultados.

Foi apenas na comparação dos resultados com a realidade para fins de calibração que nos demos conta de que o recorte conceitual estava equivocado, o que indicava a falta de clareza na definição de objetivos. O nosso termo não era “*walkability*”, mas sim algo relacionado à “*urbanity*”, “*liveability*”, “*accessibility capital*”, que poderia estar associado a valores de “*urban vitality*”, “*diversity*”, “*density*”, “*mobility*” e sobre “*right to the city*” (LEFEBVRE, 1968), que por sua vez criava conexões com “*access to urban resources*”, “*social inclusion*” e “*socio-spatial segregation*”.

Congiu, Occhini e Plaisant (2019) ainda nos colocaram os termos “*reachability*” – relacionado à facilidade de acessar bens e serviços –, “*usability*” – relacionado ao direito de acesso, muito associado aos conceitos de Gehl (2011, 2013) sobre dar motivos de condições de as pessoas irem a um lugar –, “*safety*” – associado aos conceitos de topofilia e topofobia (TUAN, 1974) e de imaginabilidade (LYNCH, 1960) –, e, finalmente, “*liveability-sociality*” – que se refere às possibilidades de socialização no espaço público e de interação entre as pessoas. Entendemos que o conceito, conforme colocado pelos autores, era multidisciplinar, multiescalar e multidimensional.

O conceito de “*urban accessibility*” proposto por Litman (2011) nos chamou a atenção, pois o autor defende que é a capacidade de alcançar bens, serviços, atividades e destinos desejados (coletivamente chamados de oportunidades). Por outro lado, essas oportunidades urbanas são mais

amplamente definidas por Castrignanò, Colleoni e Pronello (2012) como presença de atividades para atender a necessidades complexas, associadas à identidade, relação e participação, todos os recursos essenciais para a vida social dos indivíduos segundo seus valores culturais.

Finalmente, entendemos que queríamos trabalhar com a dimensão individual do observador que percorre um território e que faz suas escolhas a partir de qualidades intrínsecas do espaço, mensuráveis por condições físicas e identificáveis por parâmetros presentes no espaço urbano. O que queríamos, de fato, era tratar da questão da qualidade do espaço urbano e da vontade das pessoas de usufruir de suas condições a partir de suas qualidades atrativas. Então, entre todas as palavras, talvez a nossa fosse “*liveability*”, resultante de “*urban quality*”.

Mas o fato é que nos demos conta da falta de clareza na definição do tema quando observamos que o termo que estávamos usando era equivocado (SANTOS; MOURA, 2019). A sorte foi termos escolhido as variáveis de investigação corretamente, pois poderíamos ter nos equivocado nisso também. No segundo artigo, resultante dos desdobramentos e da inclusão de novas análises de processos, passamos a usar o termo “*urban quality*”, mas com o pensamento específico de buscar variáveis e parâmetros indicativos da habitabilidade urbana (BLEČÍČ *et al.*, 2019).

Escolha das variáveis componentes principais

Uma etapa fundamental é a escolha de variáveis que respondem pelas características da área segundo suas especificidades, potencialidades e vulnerabilidades. Sobretudo porque o tempo de coleta ou organização dos dados demanda muito do pesquisador, então cabe escolher aquelas variáveis que são realmente definidoras das condições, dos fenômenos e das ocorrências no território.

Para relatar essa etapa, cito um estudo de caso no qual dei suporte à identificação de áreas com potencial de invasão de faixas de domínio de linha de transmissão de energia elétrica da CEMIG (MOURA *et al.*, 2010).

Como eu não tinha conhecimento sobre o fenômeno invasão de linhas de transmissão, eu não saberia dizer quais seriam as variáveis componentes principais que respondem pelo processo, assim como seus parâmetros, os quais são indicativos de potencial de invasão. Nesse sentido, realizei uma escuta com muitos técnicos que atuavam na temática na empresa, solicitando que me descrevessem as condições em que eles observavam riscos de invasão e que listassem características que pensavam ser indicativos do potencial de invasão. Enviaram-me uma longa lista de termos que eu deveria transformar em variáveis.

O primeiro passo é o ajuste de questões semânticas para verificar se realmente estamos falando sobre a mesma coisa. Os termos que eles usavam eram realmente o que eu havia entendido como variável ou condição territorial? Diante das dúvidas, foi necessário pedir uma pequena descrição do que eles haviam pensado ao me indicarem a variável. Como exemplo, um técnico me sugeriu fazer o mapeamento de “solos”, e como tive dúvida da relação desse quesito com o potencial para a invasão da faixa, posto que não se tratava de uma área rural, pedi a breve descrição da motivação. Ele, então, explicou-me que terrenos íngremes eram de mais difícil invasão, o que me fez entender que ele se referia, de fato, a declividades.

O segundo passo é planejar como atuar no caso em que os dados de uma variável não estão disponíveis ou são de difícil mapeamento. Pode ser citado o caso da variável “renda”, que hoje obtemos agrupada pela renda média do setor censitário, coletada pelo IBGE a cada dez anos. Mas se é necessário o seu uso como algum indicativo de análise e de modo não tão agrupado como o setor censitário, em data de coleta mais adequada, pode-se trabalhar com uma outra variável ou com um conjunto de variáveis (e, nesse caso, ao trabalhar com o arranjo, vamos chamar de “fator”) que respondem indiretamente pelas condições. Pode-se usar um arranjo ou fator composto pelas variáveis dimensão da edificação, estado de conservação e material de acabamento das unidades edificadas para se inferir uma condição de renda. Esse processo é denominado o uso de uma variável de “*proxy*”, ou seja, representante indireta do que se pretende estudar.

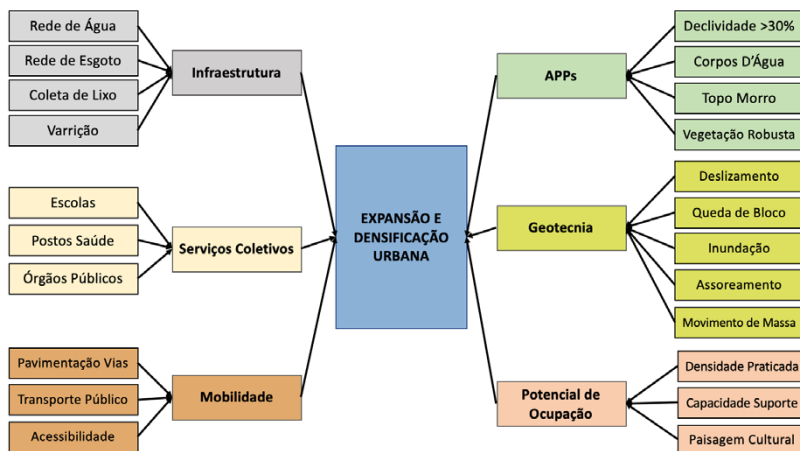
O terceiro passo é verificar os riscos de redundância ou de supervalorização de alguma variável que compõe fatores e que, por esse motivo, aparecerá mais de uma vez nas análises, interferindo mais que as demais nos resultados. Imagine que o objetivo é definir áreas de importância de preservação ambiental e que o pesquisador optou por fazer a integração de mapa de recarga de aquíferos, mapa de risco geológico e mapa de índice de rugosidade do terreno. Caso ele tenha elaborado os mapas parciais, ele sabe como eles foram compostos. Mas caso os mapas já estejam prontos, talvez ele não saiba que para compor cada um deles foi utilizada a variável declividades que, por isso, entrou três vezes no processo de integração de dados. Ela pode, sim, ser identificada como uma variável-chave na análise, o que é denominado variável “*driver*”, mas se deve ter atenção porque resulta que ela será definidora das respostas.

Sobre o número de variáveis a serem escolhidas e integradas, a sugestão é o maior elenco que se conseguir daquelas que tenham relações com o motivo de investigação, mas evitando as mencionadas redundâncias. Isso porque a probabilidade de se obter um resultado ao acaso diminui. Segundo Xavier-da-Silva (2000), quanto maior o número de variáveis e de seus componentes de legenda, maior as possíveis combinações e menor a chance de se chegar a um resultado aleatório. É bastante fácil entender que se eu trabalho, por exemplo, com apenas duas variáveis, qualquer irregularidade relacionada à coleta irregular, à escolha inadequada da variável ou a outro fator interfere de modo impactante no resultado.

Assim, deve-se buscar um número maior, sem exageros que impeçam a execução – os quais podem ser relacionados ao tempo excessivo de organização de dados ou aos estranhos mapas de “pipoca”. Usamos esse termo internamente em nossas pesquisas quando nos deparamos com mapas que são tão pulverizados que não se consegue identificar um arranjo territorial predominante em alguma porção do território. Os mapas resultam em grande profusão de respostas pipocadas, sem gerar agrupamentos territoriais. Em geral, isso é resultado da combinação do excesso de variáveis com a falta de integrações parciais entre elas. O correto seria elaborar uma árvore de

decisões e elaborar arranjos parciais aplicando algoritmos de identificação das combinações principais para depois então compor a integração final a partir dos resultados parciais (Figura 3).

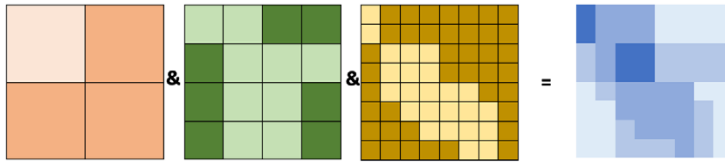
Figura 3 - Exemplo de árvore de decisões



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Outro problema clássico na escolha de variáveis é a dificuldade em virtude da variabilidade da escala de resolução. Observa-se claramente quando o mapa é resultado da integração de variáveis ou de mapas em diferentes escalas, pois o elemento de menor escala de resolução provoca grandes manchas que não se misturam aos outros dados, vencendo a visualização das composições. Infelizmente, é necessário optar pela pior qualidade (a de menor escala e resolução, que apresenta o pior detalhamento da informação) e levar os melhores dados para uma generalização que reduza a pior condição. Ou, eventualmente, anular o emprego dos mapas em escala inadequada e substituí-los por variáveis de *proxy* (Figura 4).

Figura 4 - A dificuldade em se trabalhar com escalas ou resoluções diferentes



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Para que se possa entender o impacto da escala, cabe se lembrar dos termos “acurácia” e “padrão de exatidão”. O menor elemento que o olho humano consegue identificar e que auxilia na hora de separar as ocorrências em um mapa é a dimensão de 0,2mm. Por outro lado, todo mapa tem um erro aceitável, que é de 0,5mm, quando o mapa é padrão A (podendo chegar a 0,8 ou 1,0mm em padrões B e C). Tomando o exemplo de uma variável que foi mensurada e representada na escala de 1:50.000, o olho humano identifica como menor elemento a dimensão de 10 metros na realidade, mas o mapa pode chegar a ter erros de 25 metros. Dependendo dos objetivos da investigação, a escala não é suficiente. O mesmo se pode dizer das resoluções de imagens de satélite, que podem não atender às expectativas de análise (*Landsat pixel* de 28,5 m; *Sentinel* 10 m; entre outras), sendo que há quem defenda que a resolução espacial não deveria considerar apenas o tamanho do *pixel*, mas sim o arranjo de três por três *pixels*, tendo em vista que muitas das classificações dependem da observação do comportamento das regiões.

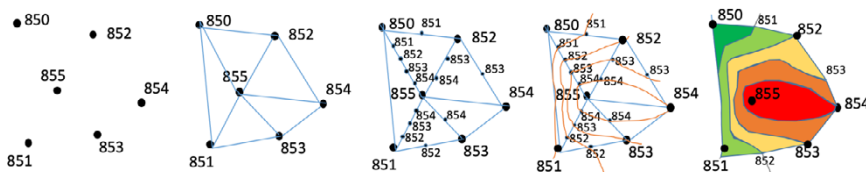
Aplicação de modelos de transformação dos dados em comportamento das variáveis no território

A coleta de dados exige que o trabalho seja feito por unidade territorial de georreferenciamento, seja ela uma rede de referência (regular ou irregular), recortes por unidades amostrais ou por delimitações definidas por decisões administrativas e projetuais. Pode acontecer, por exemplo, que se decida coletar a informação sobre cotas altimétricas a partir de pontos notáveis, o que significa grade ou rede irregular de referência; por uma malha de

pontos regularmente distribuídos e equidistantes; por setores censitários ou unidades administrativas; por elementos territoriais tais como lote, quadra, vias, sendo que as unidades de coleta poderão ser constituídas por pontos, linhas, polígonos ou grades (como exemplo a estrutura *raster*). Contudo, uma coisa é a coleta do dado; outra é a modelagem de sua ação sobre o território.

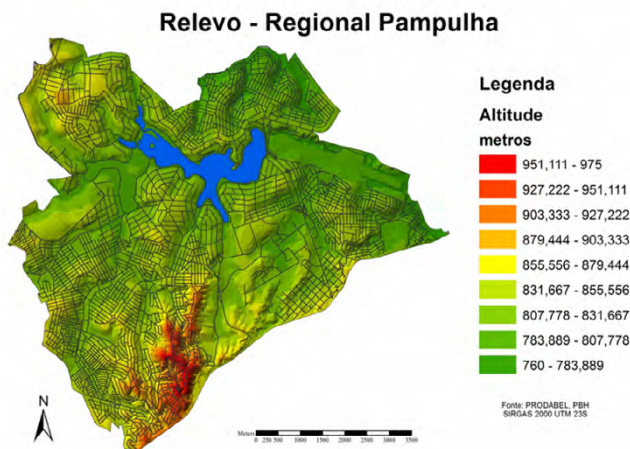
Pontos cotados de altimetria precisam passar por triangulação entre pontos notáveis e interpolações de valores entre si para representarem uma superfície contínua como a topografia. Mas a escolha de como transformar o dado inicial em um processo territorial para se caracterizar como ocorre a distribuição e o arranjo territorial de um fenômeno ou de uma ocorrência muitas vezes exige o conhecimento de um especialista sobre o comportamento da variável e sobre o funcionamento do modelo a ser empregado. Voltando à questão do dado topográfico, ele é produzido normalmente por interpolação de Delauney ou pela criação de isolinhas segundo a equidistância vertical especificada. O mesmo modelo de distribuição espacial poderia ser aplicado para temperatura, mas não poderia ser aplicado, por exemplo, para distribuição de renda. Isso porque os fenômenos temperatura e altimetria são regularmente distribuídos, não sendo possível ir da temperatura 10 para a 12 sem passar pela 11 nem da cota altimétrica 850 para a 852 sem passar pela 851. Mas o mesmo não pode ser dito sobre a renda, pois se em uma unidade domiciliar se vive com três salários mínimos e em outra com cinco, não é possível dizer que entre elas há uma unidade com o valor quatro (Figuras 5 e 6).

Figura 5 - Triangulação para fenômenos de distribuição regular



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Figura 6 - Resultado da interpolação e da triangulação na representação de relevo da Pampulha, Belo Horizonte



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Uma questão recorrente quando se discute o tratamento do dado coletado e georreferenciado para que ele seja trabalhado na forma de processo territorial, ou seja, na sua distribuição e impacto espacial, é a escolha do modelo de área de influência. Até onde vai o impacto do dado no território? Como o fenômeno se distribui? A resposta para essa decisão é: qual é o seu motivo de investigação? Mais uma vez, a clara definição de objetivos de análise é a chave, seguida da clara compreensão de como funciona o fenômeno.

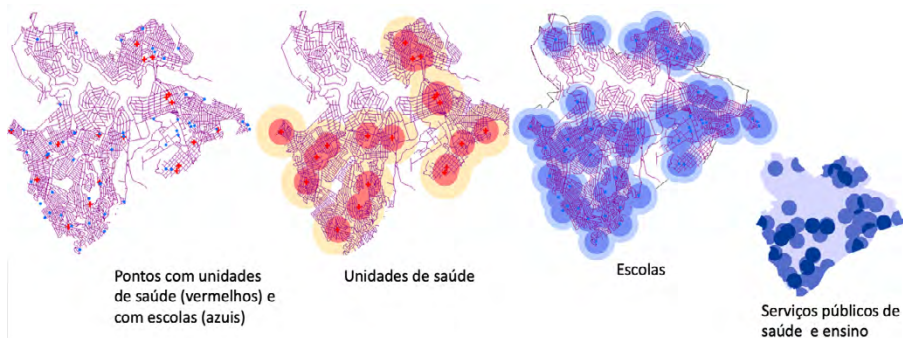
Os estudos de distribuição espacial se baseiam na clássica lei de Waldo Tobler (1970, p. 236), conhecida como a primeira lei da geografia: *“Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things”*. A partir disso, é necessário decidir sobre os modelos de dependência espacial, de interpolação ou de regionalização.

Como exemplo, pode-se apresentar o interesse em gerar as atuações ou processos territoriais de distribuição de algumas variáveis, tais como novos projetos aprovados de edificações, área de influência de escolas e de postos de saúde, registros de ocorrências de infrações de códigos de

posturas. Todos esses dados capturados ou registrados por pontos no território, mas cujo objetivo é a análise espacial de impactos ou de atrativos e vulnerabilidades.

Inicialmente, o modo mais clássico de representar a regionalização de pontos é a definição de suas áreas de influência por *buffers* ou faixas regulares definidas a partir de distância fixa da borda do elemento. O princípio é muito utilizado em normativas por ser de fácil compreensão e aplicação. Contudo, ele apresenta limitações quando é construído por superfície isotrópica, pois parte do princípio de que o efeito ou impacto do dado acontece de modo homogêneo em todas as direções, sem consideração de rugosidades ou impedâncias espaciais. No exemplo, apresenta-se a área de influência de serviços públicos de unidades de saúde e escolas a partir de *buffers* na forma de anéis que abraçam o ponto de origem. Inicialmente, são representados os *buffers* de cada serviço, e depois os resultados parciais são integrados para demonstrar onde há apenas um dos serviços, onde há dois dos serviços e onde não há proximidade a algum deles (Figura 7).

Figura 7 - Distribuição de unidades de saúde e de escolas na Regional Pampulha, Belo Horizonte

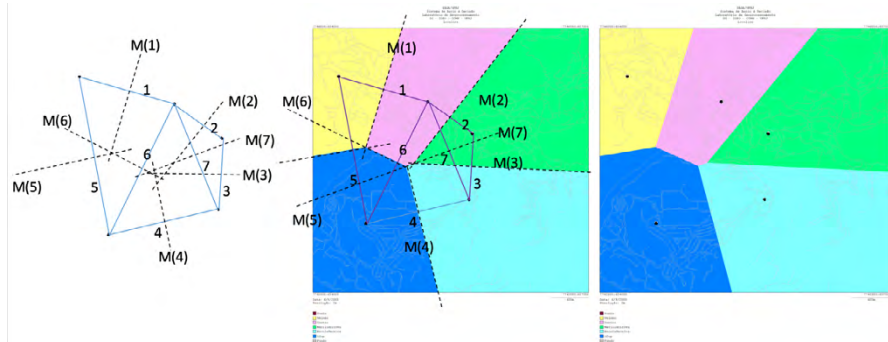


Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte (2019).

Para se incluir a condição de alteração da área de influência considerando as condições específicas de cada elemento ou de ocorrência territo-

rial, assim como o impacto das condições do território, podem ser aplicados os modelos baseados em princípios gravitacionais. Eles consideram a força do elemento gerador, o arranjo entre os vários elementos geradores e as condições do meio onde a influência acontece. Entre os modelos gravitais, está o IDW (*Inverse Distance Weighted*), muito conhecido, o qual gera uma superfície da rede de influência dos valores espacialmente distribuídos, cuja origem é o modelo de Thiessen ou de Voronoi. Os polígonos de Thiessen, por sua vez, resultam da distribuição geométrica de cada ponto ou elemento gerador, definidos pelas mediatrizes que passam pelas linhas que conectam os pontos geradores. É um processo geométrico cujo objetivo é a repartição espacial por pontos ou elementos geradores, considerando o arranjo espacial de suas distribuições (Figura 8).

Figura 8 - A partir de pontos geradores é realizada a triangulação, que une todos os pontos entre si, seguida da projeção da mediatriz em cada linha de face de triângulo. M(1) é a mediatriz do segmento 1, M(2) do segmento 2, e daí por diante nos 7 segmentos

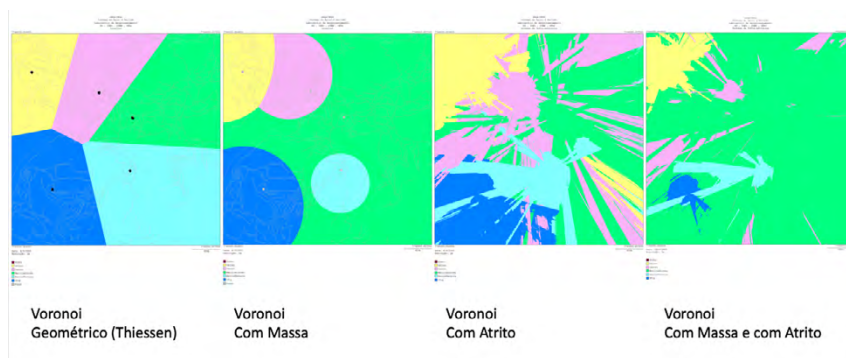


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Os polígonos de Thiessen, ou de Voronoi geométrico, são muito usados a partir de aplicativos em *softwares* de geoprocessamento, sendo a sua função definir o arranjo espacial de área de influência a partir da rede dos pontos geradores. Mas o modelo se torna realmente robusto quando se amplia a álgebra de geração das formas para considerar outras questões,

tais como a massa e o atrito. Xavier-da-Silva (2001) desenvolveu a lógica e o aplicativo que consideram essa maior complexidade do modelo, aproximando-o melhor da realidade territorial. O autor apresenta, no Sistema de Análise Geo-Ambiental (SAGA-UFRJ), a possibilidade de geração de polígonos considerando a massa de cada ponto gerador (Figura 9 b), o atrito territorial – mas para isso é necessário apresentar uma camada de informações sobre o nível de atrito presente em cada porção do território (Figura 9 c) – e tanto a massa como o atrito simultaneamente (Figura 9 d). Para que o usuário possa comparar os resultados e usar os dados parciais em interpretação exploratória, o aplicativo apresenta também a possibilidade de elaboração do Voronoi através da simples geometria de repartimento da rede de pontos (Figura 9).

Figura 9 - Modelo de Voronoi desenvolvido por Xavier-da-Silva (2001) e disponível no SAGA-UFRJ. Exemplo de área de influência de cinco escolas em Ouro Preto. Fig. a – Voronoi geométrico no qual apenas a rede de pontos geradores resulta no recorte espacial de polígonos. Fig. b – Voronoi com Massa – continua considerando a distribuição espacial da rede, mas a partir de pontos geradores são construídos polígonos proporcionais à dimensão da massa (no caso, número de vagas na escola). Fig. c – Voronoi com Atrito – continua considerando a distribuição espacial da rede, mas, a partir de uma superfície indicadora do atrito existente em cada porção do território, são construídos polígonos que vencem os atritos e desenvolvem-se em áreas onde há menos impedância (no exemplo, a superfície de atrito considerou o uso do solo, as declividades e o tipo de pavimentação das ruas). Fig. d – Voronoi que continua considerando o arranjo da rede de pontos, mas considera também a massa e o atrito

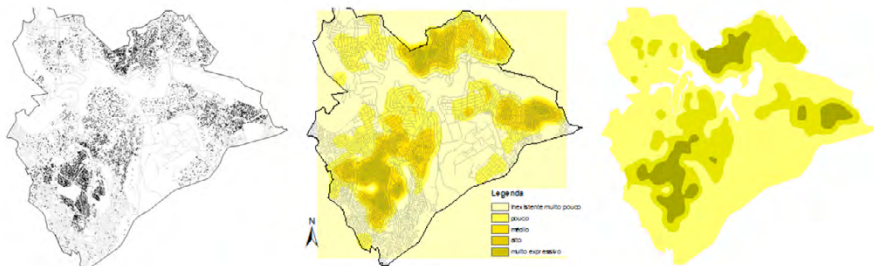


Fonte: Elaborada pela autora com o uso do SAGA-UFRJ (2019).

Observa-se que a aplicação paulatina das condições do modelo favorece a avaliação exploratória, pois toma o exemplo de um ponto (a escola da área em azul claro) que antes tinha muita influência por estar em posição estratégica na rede e mais distante de concorrentes, mas que tem seu impacto significativamente reduzido por possuir menos vagas (capacidade de massa); depois tem sua influência aumentada quando se considera o atrito, pois é de mais fácil acesso para uma região da cidade; mas no arranjo massa e atrito só tem influência garantida em uma parte específica da cidade. Estudos exploratórios como esse favorecem entender o que daria efeito na alteração de uma condição da ocorrência territorial: mudança na posição do ponto? Incremento da massa? Redução do atrito?

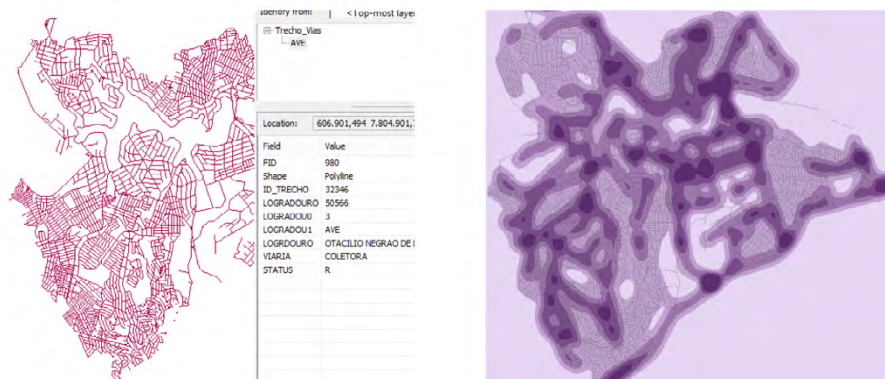
Outra forma de tratar o dado registrado por ponto ou linha é a avaliação de sua concentração no território, na forma de modelos de densidade. O algoritmo mais comum é o de densidade de Kernel, que pode apenas mensurar o grau de concentração espacial da ocorrência, como pode também ser aplicado de modo ponderado, no qual um atributo de massa do ponto é considerado, provocando mais impacto no índice de concentração em função da força do ponto (Figuras 10 e 11).

Figura 10 - Kernel baseado em concentração de ocorrências. Concentração de projetos aprovados para novas edificações ☐ Pampulha, Belo Horizonte



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

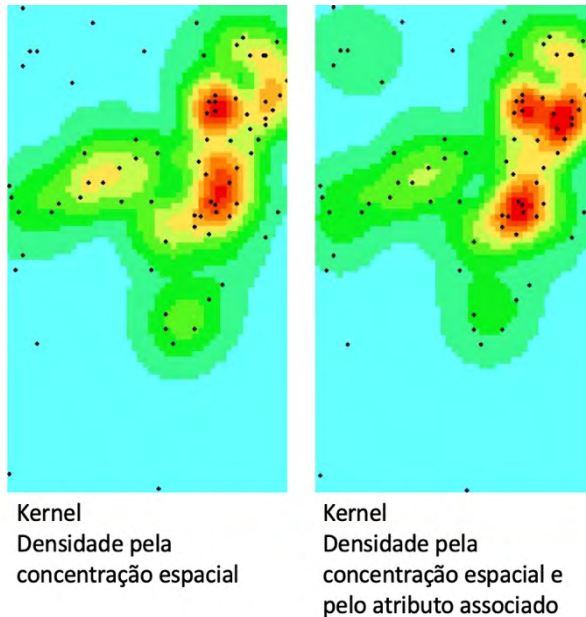
Figura 11 - Kernel baseado em concentração de ocorrências e ponderação segundo a capacidade da via em recebimento de veículos – Pampulha, Belo Horizonte. Mapa de capilaridade (concentração de vias) e de acessibilidade (ponderado pela capacidade de recebimento de carga das vias)



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A massa na densidade de Kernel ponderada pode ser alguma variável ou um fator, este último entendido como a combinação de variáveis. Supondo que se esteja medindo a concentração de registros de reclamação de infração do código de posturas por uso de som acima do tolerável, a análise pode ser ponderada pelo nível medido de ruído ou por um fator que combine a altura do ruído com o tempo executado e com o nível de inadequação do horário da infração. Dessa forma, os lugares onde o problema foi mais impactante terão o nível de densidade mais destacado. Ou considere que há registros de ocorrência de *leishmaniose* no território, mas que nos atributos está registrado que ela é tegumentar ou visceral. O pesquisador pode e deve dar um peso maior para a visceral, associando um valor numérico aos dados, tendo em vista a sua gravidade (Figura 12).

Figura 12 - Densidade de Kernel calculada apenas segundo a concentração de ocorrências e Densidade de Kernel Ponderada considerando-se também um atributo no ponto definidor da massa, que é indicativa de incremento de importância



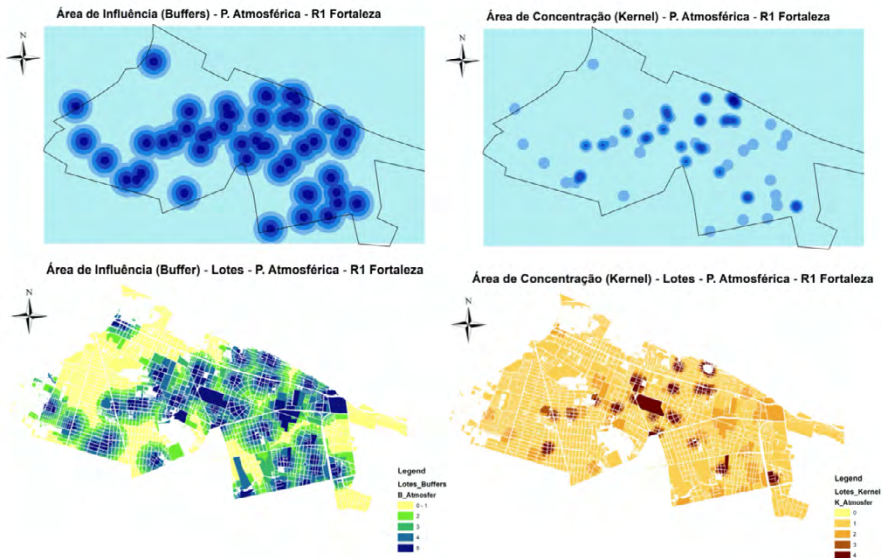
Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O modelo de Densidade de Kernel exige a definição de um raio delimitador, o qual deve ser interpretado como área máxima dentro da qual se considera que a presença de ocorrências provoca uma concentração espacial, ou também como raio de influência de cada ocorrência que, uma vez sobreposto a outras, resulta em concentração do fenômeno. Caso o usuário não indique o raio, a maioria dos *softwares* têm capacidade para arbitrar um valor a partir da mensuração da distância média entre os pontos geradores. É interessante que o usuário consiga indicar um raio a partir de algum critério defensável que pode vir de revisão bibliográfica, de conhecimento de especialista ou mesmo de entrevistas realizadas com cidadãos a respeito de suas preferências e hábitos.

Por exemplo: tendo os pontos de atividades comerciais em um território, para o cálculo da densidade de atividades comerciais com o objetivo de verificação de núcleos de aglomeração desse uso urbano, pergunta-se qual seria um raio de cálculo adequado. Caso encontremos alguma bibliografia sobre distância média máxima ideal para que sejam realizadas as atividades de consumo, o valor será usado. Talvez esses valores estejam citados em bibliografia sobre unidades de vizinhança em planejamento urbano, temática muito discutida inicialmente pelo americano Perry (1929) nos anos de 1920, com o intuito de definir unidades autônomas para o atendimento das atividades cotidianas para as quais o cidadão se deslocaria a pé em um tempo médio de cinco minutos, indicando a distância média de 500 metros. Mas também podem ser entrevistadas pessoas para saber o quanto elas estariam dispostas a se deslocar para consumirem em estabelecimentos comerciais. Por consultas realizadas, chegamos também a valores de até 500 metros. Então um estudo de densidade de Kernel teria critérios defensáveis para se definir um raio de cálculo.

O exemplo a seguir foi desenvolvido em parceria com Caroline Câmara, na Prefeitura de Fortaleza, a partir de uma tabela de registros de ocorrência de reclamações sobre infrações no uso do espaço urbano na regional R1 do município. As reclamações foram agrupadas nas tipologias de poluição atmosférica, resíduos sólidos (lixo), poluição sonora por ambiente interno, poluição sonora por som paredão (som em veículo), poluição visual e infrações do código de posturas. A primeira questão discutida foi se o modelo de distribuição espacial adequado seria o *buffer*, definindo um raio de alcance, ou o Kernel, definindo uma aglomeração das ocorrências. Realizada a aplicação de ambos os modelos, observou-se que ambos eram de interesse, cada um para um objetivo. O *buffer* indicava as áreas próximas às ocorrências e que haviam sido impactadas, ao passo que o Kernel indicava a concentração do fenômeno (Figura 13).

Figura 13 - Aplicação de áreas de influência de ocorrências de poluição atmosférica através de *buffers* e de densidade de Kernel na regional R1 de Fortaleza

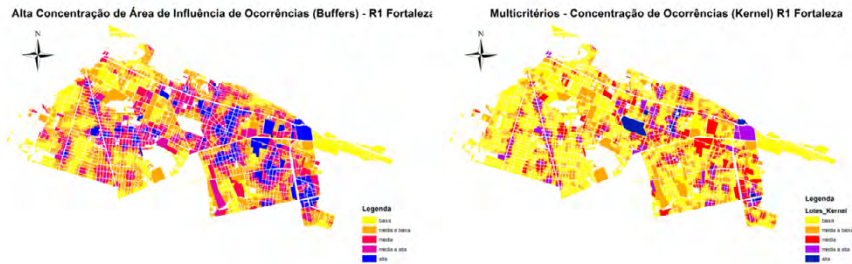


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Dessa forma, foram calculados os dois modelos para todas as seis variáveis, e depois foi realizada a integração das camadas das variáveis para cada uma das duas abordagens. Tanto para o *buffer* como para o Kernel, foi necessário indicar um raio de investigação para cada variável, relacionado a opiniões de especialistas sobre a área de impacto da ocorrência.

Finalmente, foi realizada a integração das seis variáveis de cada eixo de abordagem (densidade ou proximidade), por Análise de Multicritérios, que é objeto de discussão de um próximo item no desenvolver do texto, quando será apresentada a proposta de integração ponderada e quantitativa (por Pesos de Evidência) ou por comparação pareada e qualitativa (por Análise Combinatória) (Figura 14).

Figura 14 - Integração de variáveis por Análise Multicritérios. Concentração de áreas de influência de ocorrências de infrações urbanas (seis variáveis) por *buffers* e de densidade de ocorrências de infrações urbanas (seis variáveis) por Kernel

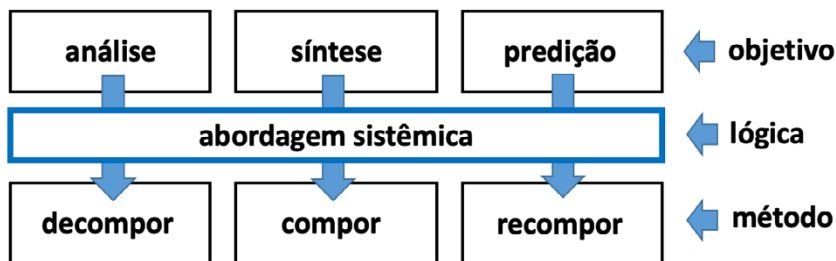


Fonte: Elaborada pela autora e por Caroline Câmara (2019).

A unidade territorial de análise

As representações e os estudos espaciais se baseiam em processos de análises e sínteses com a manipulação de variáveis que respondem pelos fenômenos, ocorrências e características principais do sítio (McHARG, 1969). A investigação analítica requer a decomposição da realidade em suas variáveis principais para a observação detalhada de cada temática (CHORLEY; HAGGETT, 1967). A investigação sintética requer a composição das variáveis em visões interpretativas que respondam por cenários da realidade. O processo de modelagem, dessa forma, passa pelas ações de análises (decompor) e sínteses (compor) para se realizarem predições ou avaliações sobre um território através de cenários possíveis (recompor). A modelagem de dados espaciais, nesse sentido, segue os princípios da abordagem sistêmica (BERTALANFFY, 1968) (Figura 15).

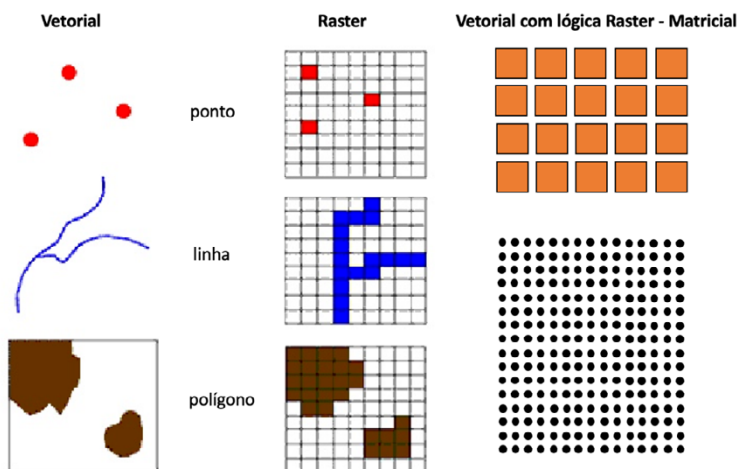
Figura 15 - Abordagem sistêmica nos processos de análise e síntese e interpretação da realidade territorial (lógica)



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Nos processos de decomposição para posterior composição e nos processos analíticos para posterior promoção da síntese, constitui etapa fundamental a definição da unidade territorial de integração dos dados, o que Xavier-da-Silva (2001) denomina UTI - Unidade Territorial de Integração. A primeira decisão que o pesquisador precisará tomar é sobre a associação do dado a pontos, linhas, polígonos ou malha de dados (estrutura matricial), sendo que esta última pode ser compreendida como conjunto regular de dados pontuais ou eventualmente de polígonos regulares, ou mesmo uma estrutura *raster*. O pesquisador deverá decidir também se irá trabalhar em estrutura vetorial ou em estrutura *raster*, ou mesmo por representação vetorial, mas com lógica *raster* (na representação em forma de matriz de pontos ou polígonos regularmente distribuídos) (Figura 16).

Figura 16 - Modos de representação das variáveis: vetorial, *raster* ou em lógica matricial (ainda que sendo vetorial)

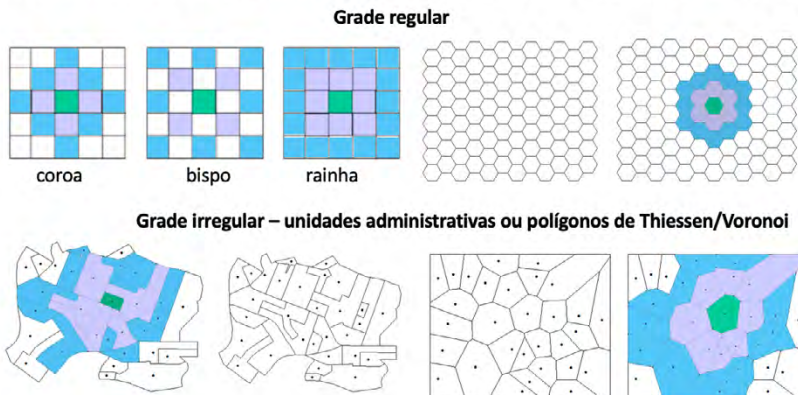


Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A unidade territorial de análise é a composição de um mosaico de unidades territoriais às quais os dados serão associados, e as informações serão construídas através de processos de análise e síntese. A sua definição é importante para a composição e a estruturação da coleção de dados, mas também para a saída de resultados, pois será por essas unidades que a informação produzida será obtida. As decisões sobre as unidades estão relacionadas aos objetivos de investigação e ao modo de coleta do dado, o que, por sua vez, indica as possibilidades de espacialização. A criação da malha de recebimento de dados e de produção de informações é chamada de *tesse-lation*, o que pode ser traduzido como a composição do mosaico territorial. Cabe também definir qual é o conceito de vizinhança para cada mosaico, pois isso irá interferir em modelos que visam avaliar a difusão de ocorrências ou impactos de distribuição por conexões espaciais (Figura 17).

Figura 17 - *Tessalation* (mosaico) de unidades territoriais por malha regular ou irregular

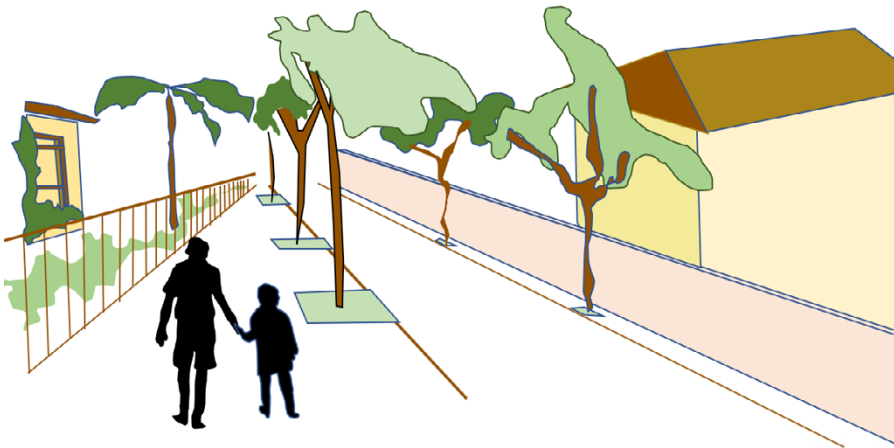
***Tessalation* (Mosaico) – definição de grade regular ou irregular e das relações de vizinhança de interesse**



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Um exemplo interessante para ilustrar a definição da unidade territorial de integração aconteceu em estudo de caso para identificação de lugares com qualidade urbana vinculada aos interesses de caminhabilidade ou de preferências territoriais ao deslocamento no ambiente (SANTOS; MOURA, 2019). O objetivo era avaliar a qualidade do ambiente em termos de aspectos visuais, infraestrutura, sensação de segurança, acesso a serviços e um complexo conjunto de 19 variáveis indicativas de possíveis preferências do usuário por percorrer um território. Mas o usuário percorre o território ao longo da via, que é composta pela caixa de rua e pelo passeio, e visualiza a porção inicial da ocupação do lote. Ele não tem alcance visual do uso interno ao lote. Então a unidade territorial de análise (UTA), também denominada por outros autores UTI (unidade territorial de integração dos dados), deveria considerar esse recorte espacial (Figura 18).

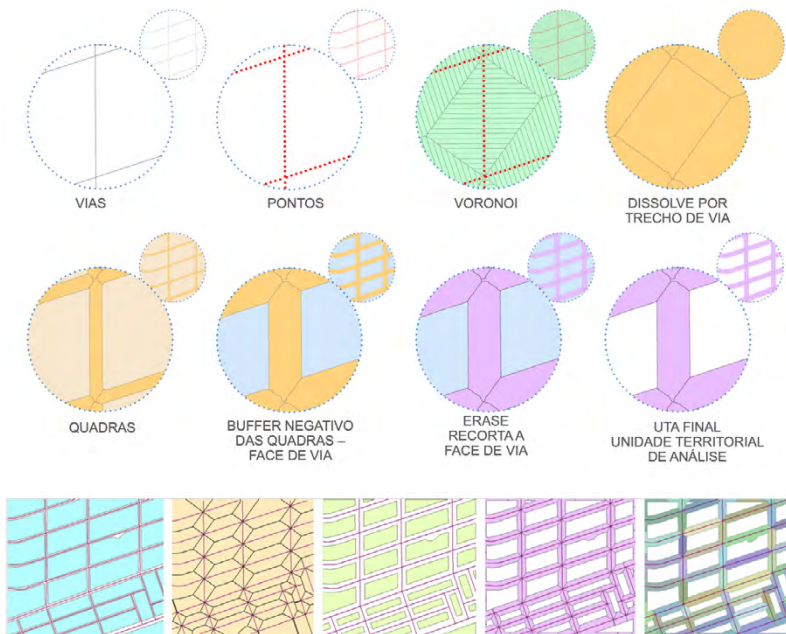
Figura 18 - Campo de visada no deslocamento da via (rua e passeio): composto pela via e pela porção inicial do lote



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Para construir o recorte, o processo passou pelas etapas de trabalhar com os vetores de trechos de vias (linhas centrais das vias interrompidas nas interseções com cada outra via) e de desenho de quadra, os quais foram cedidos pela Prefeitura de Belo Horizonte. As vias foram transformadas em pontos ao longo de seus eixos (um ponto a cada cinco metros) a partir dos quais foram gerados polígonos de Voronoi. Como os polígonos mantêm os atributos do elemento inicial, todos os pontos tinham o código do trecho de via e, por consequência, todos os polígonos de Voronoi tinham o mesmo atributo, o que tornou possível agrupar o conjunto de polígonos por ID de trecho, gerando o Voronoi por trecho. Para definir o recorte do campo de visada na parte frontal do lote, foi desenhado o *buffer* negativo das quadras, deslocando a linha para dentro em 10 metros (o que captura a fachada da edificação, o jardim frontal e o que se vê na parte anterior do lote). Essa linha deslocada foi usada como corte (*erase*) para os polígonos de Voronoi, resultando no polígono que cobre a via e a parte frontal da quadra (Figura 19).

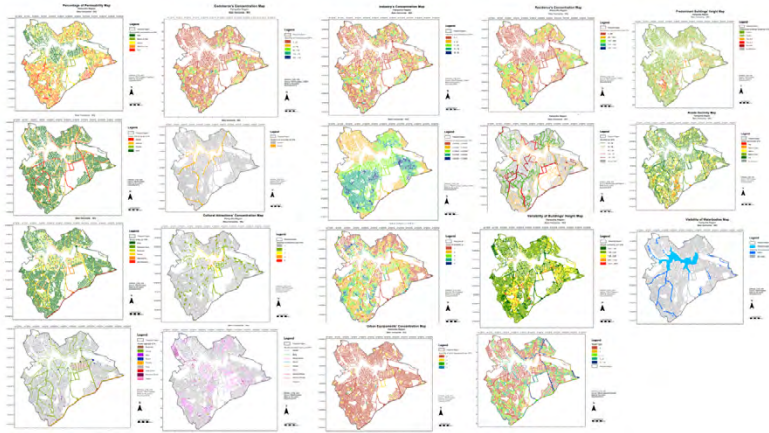
Figura 19 - Composição da UTA – Unidade Territorial de Análise



Fonte: Santos e Moura (2019, p. 150).

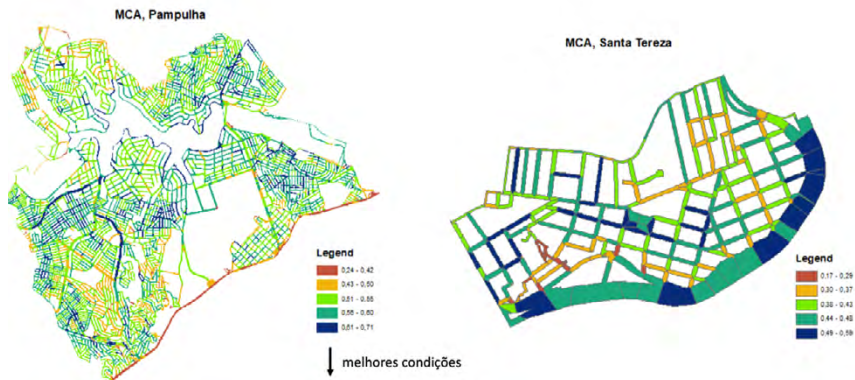
A partir desse recorte territorial que representava os objetivos de investigação, foram elaborados 19 mapas representativos de variáveis de interesse para a qualidade ambiental e paisagística urbana e que poderiam favorecer o interesse em percorrer o trecho. A análise favorece não só a identificação de lugares qualificados segundo cada variável, como também a síntese dos lugares mais qualificados, assim como cria condições de se discutirem parâmetros urbanísticos que podem ser incentivados para a promoção da qualidade ambiental urbana do ponto de vista da percepção, do olhar, das motivações para se percorrer o lugar (Figuras 20 e 21).

Figura 20 - Mapeamento das 19 variáveis no trecho da UTA



Fonte: Santos e Moura (2019, p. 154).

Figura 21 - Síntese das variáveis por MCA ☐ *Multicriteria Analysis* (Análise de Multicritérios)



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A figura 21 nos dá a oportunidade de ilustrar problemas de efeito de borda, que aparecem nos recortes da definição da área de análise. Em ambos os estudos de caso, a porção a sul do território apresenta uma condição bem diferente da do interior das áreas. Na Pampulha, é o anel rodoviário,

última via na borda sul da regional e que, certamente, não é indicado para qualquer tipo de caminhabilidade ou fruição territorial, pois é apenas um eixo de trânsito rápido. Por esse motivo, ela obteve valores muito baixos. Em Santa Tereza, é uma larga avenida, a Andradas, que também tem uma tipologia muito diferente daquela do interior do bairro, composta por faixa muito larga e com expressiva cobertura vegetal, que obteve valores altos de paisagem, mas não é representativa das condições internas e da paisagem do lugar. Embora os eixos sul (Anel Rodoviário na Pampulha e Avenida Andradas em Santa Tereza) sejam administrativamente elementos dos recortes (regional e bairro), eles não são representativos das tipologias internas. Então o pesquisador precisa ter essa sensibilidade de recortar a área de trabalho por unidades homogêneas e representativas para os objetivos de investigação, pois os valores ali obtidos podem criar problemas para a análise, como de fato aconteceu.

A normalização das variáveis e seus componentes de legenda

Um processo recorrente nas análises espaciais é a integração de variáveis para a composição de retratos interpretativos, destacando características, vulnerabilidades e potencialidades. O processo de integração de variáveis é denominado Análise de Multicritérios, que pode ser elaborada de diferentes maneiras, dependendo dos objetivos de análise do pesquisador.

A primeira parte dos desafios já foi explicada: realizar o recorte territorial, escolher as variáveis componentes principais e definir a unidade territorial de análise. O passo seguinte é composto pela normalização das variáveis e seus componentes de legenda em dois processos: levar todas as informações para a representação quantitativa com o objetivo de favorecer a álgebra de mapas, e a especificação de valores mínimos e máximos comuns a todos para permitir que dados de diferentes naturezas sejam combinados.

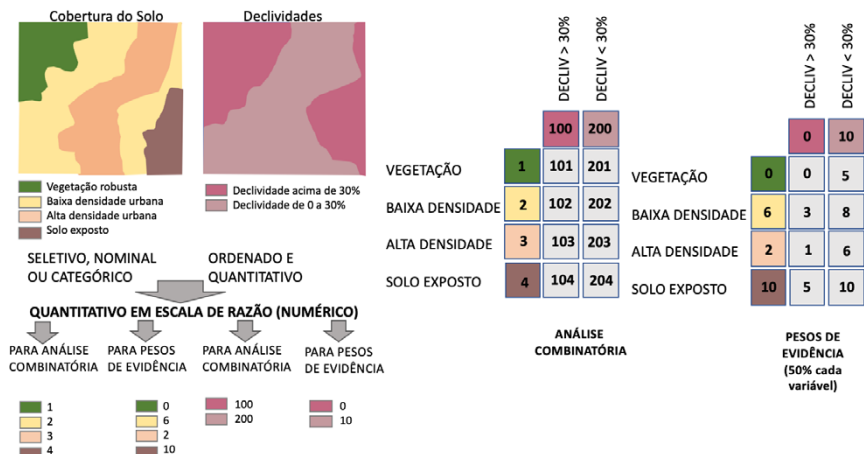
As variáveis, trabalhadas como camadas de informação ou como atributos associados a um elemento espacial (a UTA), podem ser de caráter

qualitativo (denominado seletivo, nominal ou categórico); podem ser ordenadas segundo um *ranking* ou podem ser numéricas. Como exemplo: a variável densidade de ocupação é ordenada (com as legendas baixa, média baixa, média, média a alta e alta); a variável pavimentação da via é seletiva, ou nominal, ou categórica (asfalto, bloquete de concreto, paralelepípedo, pé de moleque, cascalho, terra); a variável proximidade a escolas é numérica (segundo a distância da escola) e a variável volume vegetado também é numérica (apresentando o volume vegetado no campo de visada, ou mesmo a proporção entre volume vegetado e volume edificado). Contudo, todas elas precisam ser transformadas em números para fins de álgebra de mapas.

A transformação em números pode ser para permitir a Análise Combinatória (com a finalidade de apenas identificar combinações possíveis) ou para a aplicação de álgebras como a média ponderada entre camadas na forma de Pesos de Evidência. Na Análise Combinatória, os números *não* têm significado de julgamento (melhor, pior, positivo, negativo), e são escolhidos *apenas* para favorecer a identificação de todas as possíveis combinações entre variáveis. Caberá, depois, ao pesquisador analisar e decidir o que significa cada combinação segundo o seu objetivo de investigação e eventualmente fazer o julgamento a partir da interpretação de arranjos.

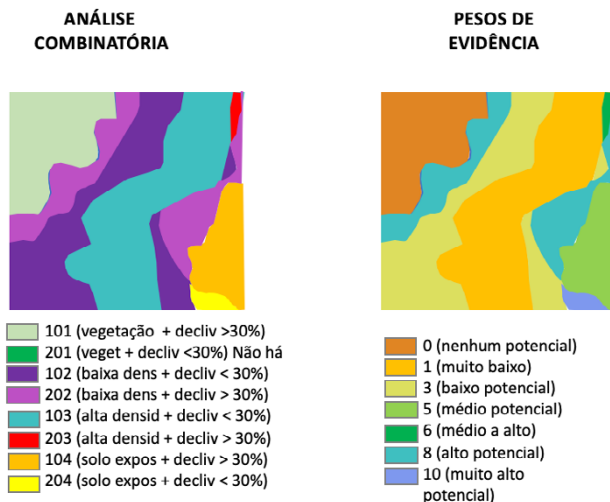
No segundo uso, Pesos de Evidência, os números têm significado relacionado ao grau de pertinência que o componente de legenda tem para a análise (como exemplo, para combinar declividades e cobertura do solo para indicar as áreas mais propícias para o crescimento e a densificação urbana, a declividade adequada recebe nota alta, presença de vegetação recebe nota baixa, e assim por diante) e as variáveis são integradas segundo os pesos que as diferenciam, caso se julgue que há aquelas que são mais importantes que as outras. No exemplo, as variáveis foram integradas tendo pesos iguais (50% cada), mas os componentes de legenda receberam notas de acordo com a adequação para recebimento de novas ocupações urbanas (Figuras 22 e 23).

Figura 22 - Lógica de integração de variáveis



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Figura 23 - Resultado das integrações de variáveis por Análise Combinatória (identifica os arranjos, as combinações de condições possíveis e as existentes) e por Pesos de Evidência (apresenta um *ranking* classificatório da condição pior para a melhor segundo o motivo de investigação)



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Destaca-se que para as aplicações em Geodesign, na maioria dos casos de produção de Modelos de Avaliação, que indicam as áreas mais adequadas para receberem propostas, as áreas onde já há recursos instalados e as áreas onde é inútil apresentar propostas, o procedimento mais indicado é o método multicritérios por Análise Combinatória. Isso porque ele permite que o pesquisador tome suas decisões sobre o significado das combinações de variáveis de modo mais controlado.

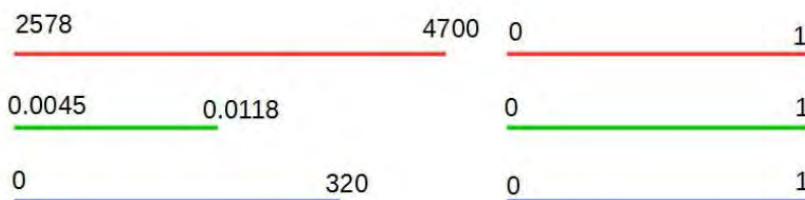
O método de Pesos de Evidência resulta em um *ranking* que camufla as combinações existentes. No exemplo, observe que o valor “5” poderia ter resultado de dois arranjos diferentes: solo exposto e declividade alta, ou vegetação e declividade baixa, e não há como separar as combinações no resultado final. Observe também, no mesmo exemplo, que o *ranking* resultante coloca em condição média de ocupação a área com vegetação apenas pelo fato de a declividade ser adequada. No caso, a Análise Combinatória permite que se defina com mais clareza o significado das combinações entre as variáveis.

Indica-se que a multicritérios por Análise Combinatória (AC) seja usada como decisão sobre “o que” e “onde” fazer a proposta de intervenção territorial, ao passo que a multicritérios por Pesos de Evidência (PE) seja usada para se definir a hierarquia de importância, estabelecendo uma “ordem” de onde atuar primeiro, de onde há mais condições. Então AC seria um resultado seletivo ou nominal, qualitativo sobre “o que” fazer, e a PE um resultado quantitativo hierárquico sobre “o quanto” fazer.

No caso específico da Multicritérios por Pesos de Evidência, ainda sobre normalização, cabe refletir sobre a necessidade de atribuir valores numéricos (pelos motivos explicados de integração de variáveis por álgebra de mapas) dentro de uma escala única. Isso significa que para todas as variáveis haverá um mesmo valor mínimo e um mesmo valor máximo, e os valores intermediários distribuir-se-ão dentro do limite estabelecido (MOURA; JANKOWSKI, 2016). O pesquisador escolhe qual será o recorte de valores mínimos e máximos, que pode ser de 0 a 1, de 0 a 10, de 1 a 5. A decisão não faz diferença no resultado final, uma vez que o resultado é um *ranking* relativo

no qual todos os valores serão levados proporcionalmente para uma escala entre o maior e o menor, sendo o resultado final um *ranking* classificatório indicativo da pior e da melhor condição, e entre elas os valores intermediários (Figura 24).

Figura 24 - Normalização de variáveis para que todas passem a ter o mesmo mínimo e o mesmo máximo, e para que os valores intermediários sejam distribuídos proporcionalmente no intervalo definido



Fonte: Moura e Jankowski (2016, p. 672).

No exemplo da figura, para normalizar a primeira variável: novo valor = $[(\text{valor antigo} - \text{valor mínimo antigo}) * (\text{maior valor nova escala} - \text{menor valor nova escala})] / (\text{valor máximo antigo} - \text{valor mínimo antigo})$. No exemplo: $[(x-2578) * (1-0)] / (4700-2578)$. Logo, se eu tenho um ponto no meio da linha vermelha cujo valor é 3500, na nova escala ele será: $[(3500-2578) * 1] / 2122 = 0,434$. Entre 0 e 1, a nova posição do ponto é 0,434. Assim todas as variáveis terão o mesmo início, o mesmo fim, e os valores intermediários proporcionalmente distribuídos. Isso permite que elas sejam combinadas sem distorções.

Escolha dos modelos de integração das variáveis

A esse ponto o pesquisador já recortou sua área, já definiu com clareza os objetivos da análise e selecionou as variáveis principais, já representou essas variáveis segundo a unidade territorial de análise e já fez a normalização para que elas apresentem legendas numéricas e, se a escolha

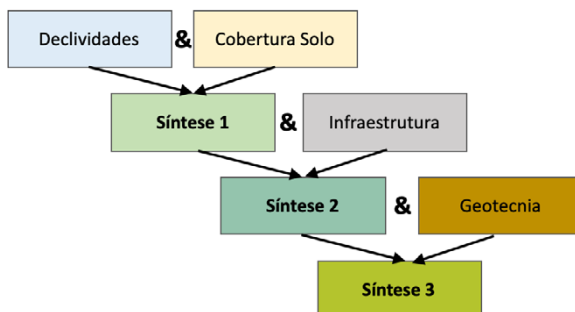
for pela integração por Pesos de Evidência, os valores já foram normalizados dentro de uma escala de máximos e mínimos definidos (MOURA, 2007).

O pesquisador deve ter clara compreensão da diferença entre Análise Combinatória e integração por Pesos de Evidência para tomar a sua decisão. Bonham-Carter (1994) e Xavier-da-Silva (2001) associam os processos de AC a decisões booleanas e de PE à abordagem bayesiana, respectivamente.

A lógica booleana foi inicialmente proposta por Burrough, Mcdonnell e Lloyd (1998) para se comparar ou compor par a par as variáveis e seus arranjos espaciais, identificando se entre elas há relações de *and*, *not*, *or* ou *xor* (avaliadas a partir de operações de união, diferença, intercessão ou exclusão). Assim, para cada composição se define um sim ou não, representado matematicamente por Zero ou Um (0 ou 1). O pesquisador, para compor um conjunto de variáveis, precisa estruturar uma árvore lógica de combinações.

Como exemplo, na figura em que foi estruturada uma Análise Combinatória entre Cobertura do Solo e Declividades a partir das intercessões existentes, o pesquisador poderia definir que a presença de vegetação, independentemente da declividade, é fator de proteção e não de ocupação urbana, e que isso ocorre onde há solo exposto, mesmo com declividade não favorável se há alguma condição de ocupação. Em um próximo passo, poderia ser incluída a variável sobre presença de infraestrutura, e as combinações entre os arranjos anteriores seriam verificadas. Mas o pesquisador poderia continuar definindo que, independentemente das condições de infraestrutura, onde há vegetação não acontecerá ocupação e onde há solo exposto poderá haver, independentemente da infraestrutura, mas dependendo da condição geotécnica, que entraria como mais uma variável na árvore de combinações. E, daí por diante, decidindo os arranjos par a par. O pesquisador precisará usar muitas ferramentas de intercessão, união e exclusão para elaborar suas sínteses (Figura 25).

Figura 25 - Integração de variáveis por lógica booleana e em Análise Combinatória



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Autores como Xavier-da-Silva (2001) indicam que pode ser usado o método de Saaty, denominado AHP (Análise Hierárquica de Pesos) para serem consultadas opiniões ou tomadas decisões na integração par a par das variáveis. O método de Thomas Saaty, chamado “Análise Hierárquica de Pesos”, foi desenvolvido em 1978 na Universidade da Pensilvânia (SAATY, 1980). Ele auxilia na atribuição dos pesos dos planos de informação para determinar a contribuição relativa de cada um. O objetivo é decompor uma situação complexa de modo a facilitar as decisões sobre o que é mais importante. O método propõe a comparação de variáveis par a par e é atribuído um critério de importância relativa entre eles, conforme a escala apresentada no Quadro 1.

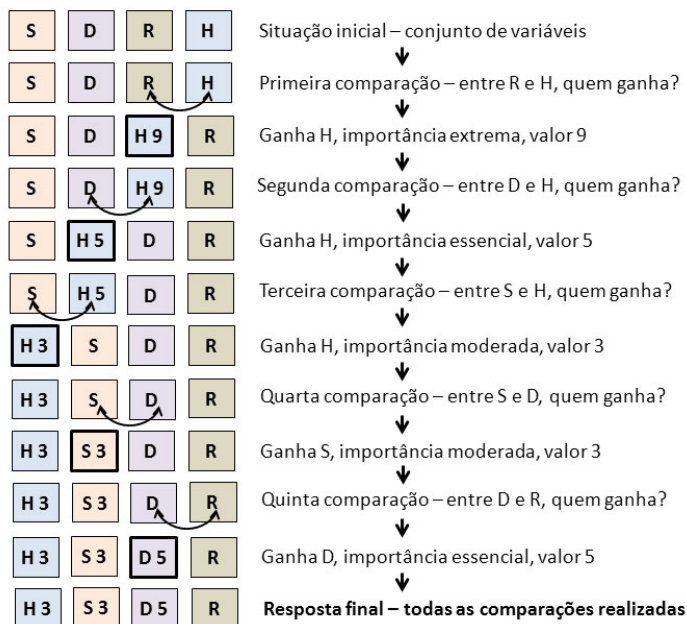
Quadro 1 - Escala de Valores AHP para Comparação Pareada

Intensidade de importância	Definição e Explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

Tendo como exemplo um conjunto de variáveis indicadas para a multicritérios para a investigação dos lugares adequados para o cultivo da cana, composto por “solos”, “declividades”, “condições hídricas” e “proximidade a estradas”, pede-se ao entrevistado que compare, par a par, a importância das variáveis. As perguntas são do tipo: compare a importância entre “solos” e “declividades” e registra-se a resposta. Depois, entre o que foi considerado mais importante e a próxima variável, até que todas estejam ordenadas. Definidos Solos=S, Declividades=D, Rodovias=R e Recursos Hídricos =H. A lógica é estruturada pelo esquema apresentado na Figura 26.

Figura 26 - Exemplo de comparação hierárquica par a par



Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Logo, sendo R o menor valor, e definindo-o como “x”, o conjunto é caracterizado por Hidrografia = 11x, Solos = 8x, Declividades = 5x, Rodovias = x para isso se transformar em pesos 11+8+5+3=25. Então, no exemplo de

Hidrografia, 11/25 significa 44%, no que resulta em Hidrografia 44%, Solos 32%, Declividades 20% e Rodovias 4%. O pesquisador poderia chegar a índices de importância (que favoreceriam que ele aplicasse a integração de variáveis por Pesos de Evidência segundo os valores calculados), ou poderia ir tomando decisões sobre cada integração e sobre o significado de cada arranjo na lógica de Análise Combinatória.

Na integração por Pesos de Evidência, os autores Bonham-Carter (1994) e Xavier-da-Silva (2001) defendem que a abordagem adotada é a bayesiana, pois se apoia na definição da participação de cada variável segundo frações ou porcentagens de sua importância para o conjunto. Para essa lógica, a influência de variável no resultado final depende de sua importância relativa no conjunto composto também por outras variáveis.

O procedimento mais usual para a integração por Pesos de Evidência é a média ponderada, na qual os componentes de legenda recebem notas segundo o grau de pertinência para a investigação, e as variáveis recebem pesos segundo a importância relativa no conjunto de variáveis. A atribuição de notas por componente de legenda já foi aqui discutida. Cabe então abordar a questão da escolha dos pesos relativos das variáveis no conjunto.

A decisão pelos pesos, segundo Bonham-Carter (1994), pode acontecer por processo de *data-driven* ou por *knowledge-driven*. Na primeira, o *data-driven*, é a investigação dos dados que irá indicar a importância relativa das variáveis na composição da integração entre elas. Por procedimentos de mineração de dados (*data-mining*), são avaliados os comportamentos das variáveis em situações comprovadas de resultados positivos e de resultados negativos para se investigar quais variáveis mais interferiram nos resultados, o que permite hierarquizar o papel de cada uma delas na síntese. No segundo processo, o de *knowledge-driven*, o pesquisador pode se basear em bibliografia para indicar a importância relativa de cada variável, arbitrar e justificar em função de seu conhecimento de especialista na temática ou mesmo promover uma escuta de opiniões.

No caso da escuta de opiniões, embora a bibliografia cite mais o método AHP de Saaty, na nossa experiência o método de mais fácil aplicação e compreensão pelos usuários é o Delphi, o qual foi proposto na década de 50 pela indústria militar americana *Research and Development* (RAND), com o objetivo de fazer escutas estruturadas e dividir responsabilidades mediante maximização de consenso de opiniões. O nome vem do Oráculo de Delfos, pois o objetivo é emitir opiniões ou sugestões para a tomada de decisões. Dalkey e Helmer (1963) e Linstone e Turoff (2002) explicam que o procedimento é composto por rodadas de opiniões, em consulta anônima (as pessoas não sabem quem está participando do conjunto), cujos resultados são trabalhados na forma de obtenção de médias e modas, que são mostradas para os participantes os quais têm a chance de fazer ajustes em suas opiniões. Há autores, como Linstone e Turoff (2002), os quais defendem que o número de rodadas deve estar sujeito a obter-se consenso, mas pensamos que três rodadas é o número máximo, pois consenso é algo que praticamente não existe, e acreditamos mais na maximização de consenso.

Em lugar de perguntar para um colaborador qual é a importância relativa de variáveis entre pares, pergunta-se dentro de uma escala, entre um valor mínimo e um valor máximo, como ele atribui a importância daquela variável no conjunto para que se possa realizar uma síntese segundo um objetivo específico de investigação (identificar caracterizações, potencialidades, vulnerabilidades). Uma vez recebidas as sugestões, são calculadas as médias e as modas de todos os valores, as quais são apresentadas ao colaborador, que as compara com os próprios valores e faz ajustes se assim desejar. Por fim, a média final é transformada em valor relativo em 100% (Figuras 27 e 28).

Figura 27 - Método Delphi para a escuta de opiniões em três rodadas: opinião “ média “ revisão “ média “ revisão e média final

variáveis	1ª. Rodada De 0 a 10, qual é a importância da variável?						2ª. Rodada Diante da média, você faz alterações?						3ª. Rodada Diante da nova média, você faz alterações?					
	P1	P2	P3	P4	Pn	Média	P1	P2	P3	P4	Pn	Média	P1	P2	P3	P4	Pn	Média
Cobertura do Solo	8	7	8	9	6	7,6	8	7	8	8	6	7,4	8	7	8	8	7	7,6
Declividades	10	10	7	6	9	8,4	10	10	7	7	9	8,6	9	9	8	7	9	8,4
Infraestrutura	7	7	9	6	5	6,8	7	7	9	7	6	7,2	7	7	8	7	7	7,2
Geotecnia	4	5	9	7	7	6,4	4	5	8	6	6	5,8	5	5	7	6	6	5,8

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Figura 28 - A partir da média final, conversão dos valores de 0 a 10 para valores relativos

média final		Peso Final (em %)
7,6	$x 1 = 7,6 * 100 / 29$	26,20
8,4	$x 2 = 8,4 * 100 / 29$	28,97
7,2	$x 3 = 7,2 * 100 / 29$	24,83
5,8	$x 4 = 5,8 * 100 / 29$	20,00
Soma: 29		Soma: 100%

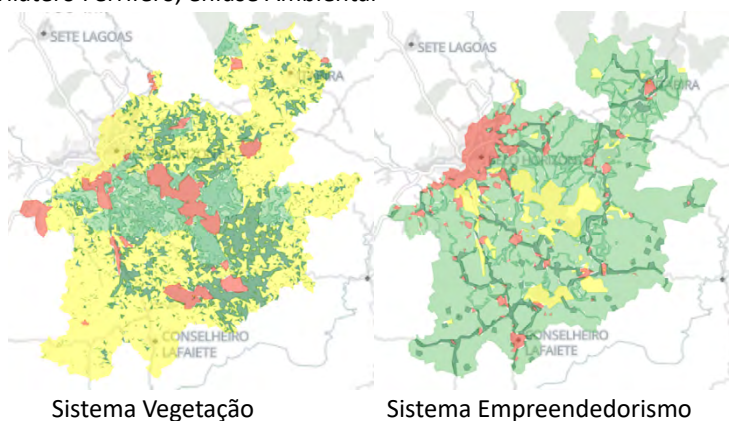
Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Além dos processos de *data-driven* e de *knowledge driven*, Motta, Moura e Ribeiro (2019) propuseram a ampliação do *data-driven* para o *objective-driven*, enquanto Moura, Motta, Santos e Souza (2018) propuseram ampliar do *knowledge-driven* para o *visual-driven*. No *objective-driven* é construído um algoritmo genético que usa a combinação de variáveis e altera seus pesos inúmeras vezes até que se atinja uma função-objetiva esperada (no exemplo, uma condição ótima de distribuição de melhorias), e nesse

momento se observa quais eram os pesos das variáveis. No *visual-driven* o usuário, por cartografia dinâmica, altera valores dos pesos das variáveis e obtém por *if-then* o novo resultado, o que o ajuda a tomar a decisão sobre os pesos a partir dos possíveis cenários obtidos.

No processo de Geodesign, os pesquisadores precisam construir sistemas, que são temáticas principais de investigação sobre as quais querem fazer escutas-cidadãs e promover a cocriação de ideias de políticas e projetos para a área. A legenda dos sistemas é dividida nas classes muito indicado (*feasible*), adequado (*suitable*), possível (*capable*), inapropriado (*inappropriate*) e recurso já existente ou já resolvido (*existing*). Esses sistemas, como o próprio nome diz, são composições de conjuntos de variáveis de interesse para a temática, que podem ser integradas por Análise Combinatória ou por Pesos de Evidência, apresentando, para os usuários, um julgamento prévio ou uma opinião dos condutores do *workshop* sobre os lugares mais indicados para se propor as ideias (Figura 29).

Figura 29 - O sistema “Vegetação” foi construído por Análise Combinatória e o sistema “Empreendedorismo” por Pesos de Evidência. Estudo de caso de Geodesign para o Quadrilátero Ferrífero, ênfase Ambiental



Fonte: Elaborada pela autora (2019) com o uso da plataforma GeodesignHub¹.

¹ www.geodesignhub.com.br – plataforma *web-based* criada por Hrishikesh Ballal para suporte ao *workshop* de Geodesign.

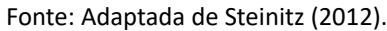
OS MODELOS NO GEODESIGN

Geodesign é *design* “com” o território e “para” o território. Ele visa à transformação contextualizada da paisagem, respeitando a natureza e a cultura. O Geodesign pode fornecer um quadro metodológico sistemático para o planejamento regional, urbano e local, visando à integração sustentável das atividades humanas com o meio ambiente natural, respeitando as peculiaridades culturais e possibilitando um processo democrático de tomada de decisão.

Ele é um método de construção coletiva de futuros alternativos para uma paisagem ou território, que pode ser aplicado em qualquer escala, na qual a escuta cidadã é fundamental para a construção de opiniões e para a tomada de decisões. Ele é amplamente baseado em aplicativos de geovisualização, ainda que sejam analógicos. O princípio é informar o participante sobre as características principais do lugar, e para isso é necessário fornecer um conjunto de informações temáticas e suas sínteses em sistemas principais, que serão a base para a cocriação de políticas e projetos.

Autores importantes como Dangermond (2009), Ervin (2011), Flaxman (2010), Miller (2012) já escreveram sobre o tema, apresentando suas contribuições, mas destaca-se o trabalho de Steinitz (2012), que estruturou os procedimentos através de um arcabouço metodológico, um *framework* de trabalho. Esse arcabouço metodológico foi ampliado e difundido no mundo por meio do uso da plataforma *web-based* GeodesignHub, que favorece o desenvolvimento do *workshop* colaborativo (BALLAL; STEINITZ, 2015; BALLAL, 2015).

Steinitz (2012) apresenta uma estrutura de trabalho na forma de um *framework* com seis passos a serem seguidos, compostos por seis modelos. Os percursos nesses seis modelos devem ser feitos três vezes, no que ele denomina três iterações para ajustes e adequações às exigências do estudo de caso (Figura 30).



A segunda pergunta é sobre como a área opera, e isso é respondido por Modelos de Processo. Significa construir a espacialização dos dados, conformando suas áreas de influência, de concentração, lógicas de distribuição espacial. Esse tema também foi discutido no presente texto sobre a transformação do dado em informação espacial, aplicando modelos de distribuição espacial.

A terceira pergunta resulta em um julgamento, pois exige que se responda se a área de estudo está funcionando bem, o que é feito através de Modelos de Avaliação. Significa construir sistemas identificando potencialidades e vulnerabilidades, o que exige combinação de variáveis e emprego de Análise Multicritérios por Análise Combinatória ou, eventualmente, por Pesos de Evidência. Essa foi a principal discussão do presente texto, pois toda a explicação realizada foi para se chegar à produção de Modelos de Avaliação, resultantes da integração de conjuntos de variáveis segundo as temáticas principais. Na plataforma GeodesignHub, os Modelos de Avaliação constituem os sistemas, e são usados como suporte para a cocriação de ideias para políticas e projetos (Figura 31).

Figura 31 - Exemplo do conjunto de sistemas representativos das temáticas principais de discussão no *workshop* de Geodesign. Estudo de caso Quadrilátero – Interesse Social (Modelos de Avaliação: Cultura, Infraestrutura, Ambiental, Riscos, Economia, Transporte, Expansão Urbana, Moradia)



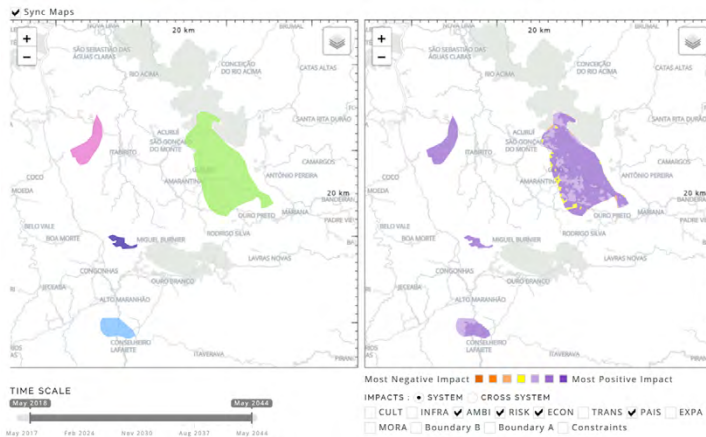
Fonte: Elaborada pela autora (2019) com o uso da plataforma GeodesignHub.

Uma vez interpretados os sistemas, que apresentam julgamentos sobre áreas indicadas para receberem propostas em função de vulnerabilidades ou de potencialidades, os participantes elaboram desenhos espaciais, chamados diagramas, de políticas e projetos por sistema. O desenho de diagramas compõe o que é denominado Modelo de Mudança, pois é proposta de alteração da área e responde à quarta pergunta: como a área pode ser alterada? (Figura 32).



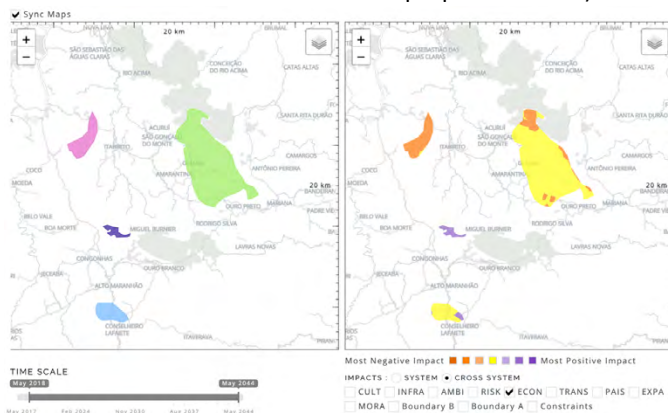
57

Figura 33 - Avaliação do impacto das ideias por sistema e em relação ao próprio sistema. No exemplo, o *workshop* Quadrilátero – Interesse Social, e avaliam-se os diagramas de propostas de temáticas ambientais, riscos, economia e paisagem, verificando se elas estão localizadas adequadamente em relação às suas próprias temáticas. Impactos positivos: roxos, neutros amarelos e negativos alaranjados

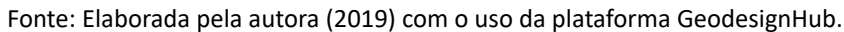


Fonte: Elaborada pela autora (2019) com o uso da plataforma GeodesignHub.

Figura 34 - Avaliação do impacto das ideias por sistema e em relação aos demais sistemas. No exemplo, o *workshop* Quadrilátero – Interesse Social, e avaliam-se os diagramas de propostas de temáticas ambientais, riscos, economia e paisagem, verificando se elas estão criando atritos ou conflitos na temática de economia (apenas a proposta de economia não criou conflito com a própria temática)

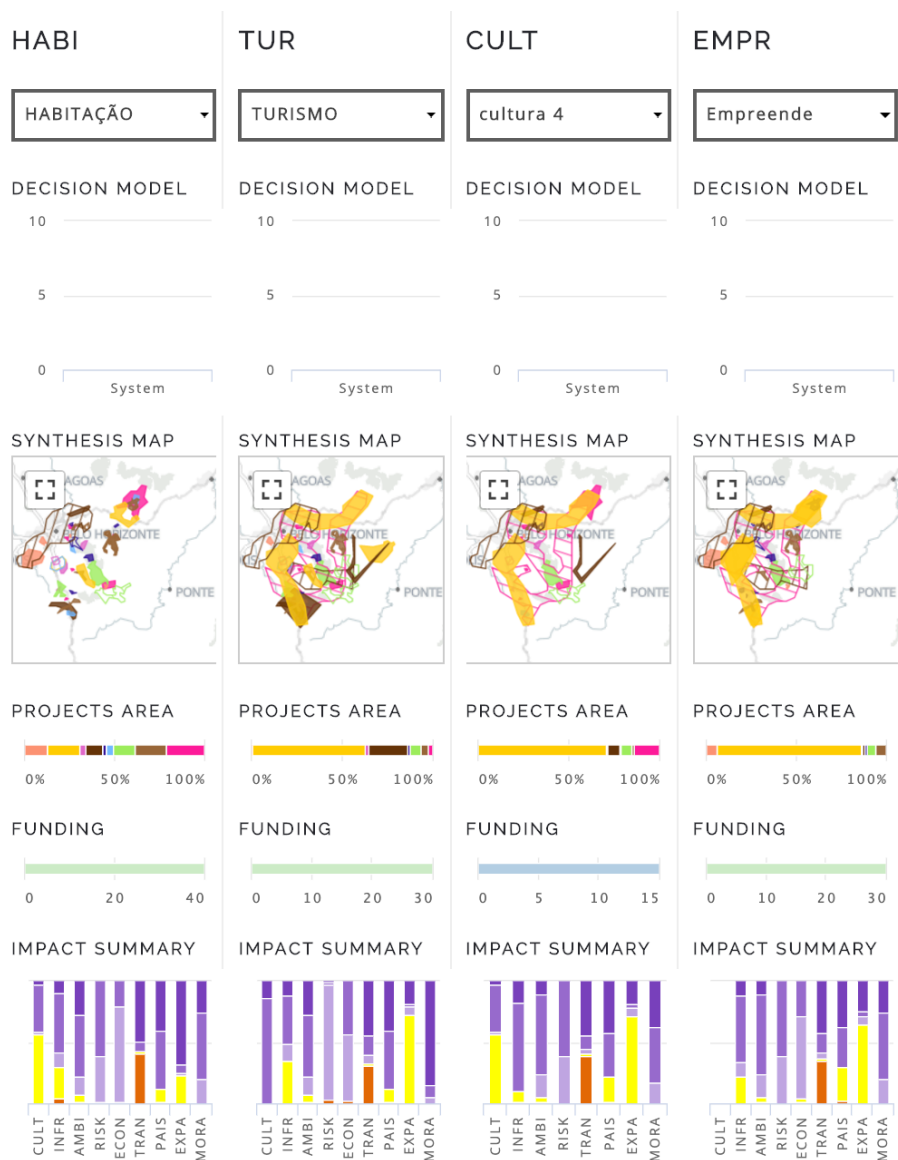


Fonte: Elaborada pela autora (2019) com o uso da plataforma GeodesignHub.



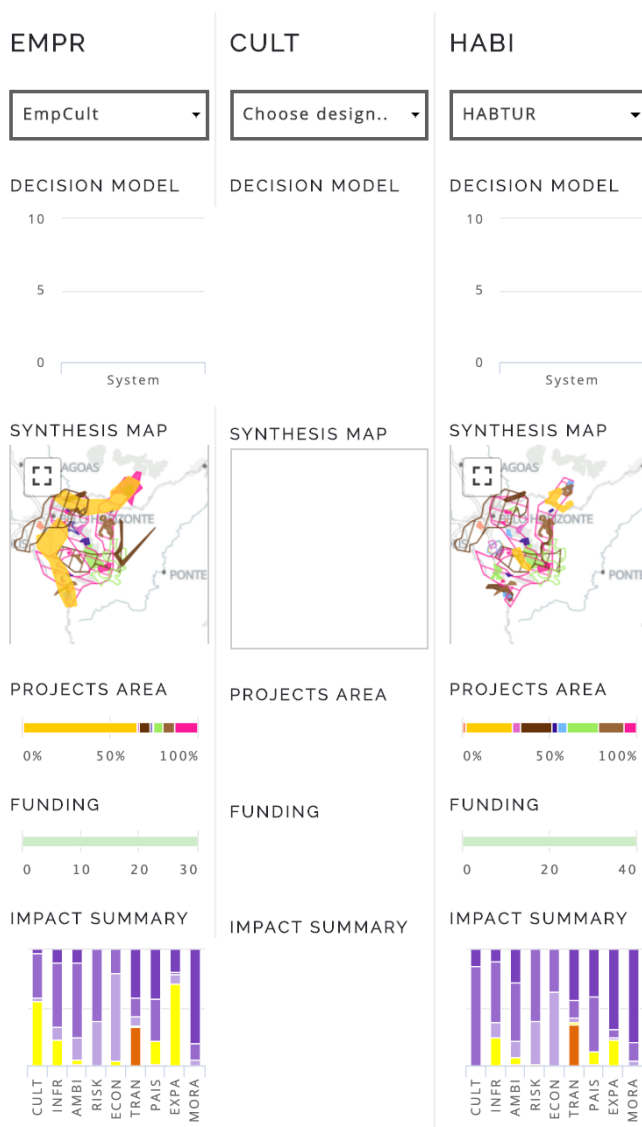
59

Figura 36 - A composição de propostas na forma de “designs” por grupo



Fonte: Elaborada pela autora (2019) com o uso da plataforma GeodesignHub.

Figura 37 - O rearranjo dos grupos. No exemplo, o *workshop* Quadrilátero – Interesse Social, quando foram unidos empreendedorismo com cultura e habitação com turismo



Fonte: Elaborada pela autora (2019) com o uso da plataforma GeodesignHub.

Figura 38 - O *design* final negociado. No exemplo, o *workshop* Quadrilátero – Interesse Social, quando foram unidos os dois grupos anteriores e trabalhou-se em um único grupo por negociação



Fonte: Elaborada pela autora (2019) com o uso da plataforma GeodesignHub.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando acontece um *workshop* de Geodesign, para que ele funcione, há muito trabalho anterior ao encontro presencial com os participantes. O coordenador precisa passar por todas as etapas apresentadas no presente trabalho, as quais dão suporte aos três modelos iniciais: Representação, Processo e Avaliação. Apenas depois de ter deixado esses modelos prontos que se pode marcar o *workshop* presencial, quando então os participantes realizarão a cocriação de ideias e percorrerão os modelos de Mudança, Impacto e Decisão.

Experiências têm sido feitas com o intuito de favorecer que os participantes percorram também as etapas *pré-workshop*. Isso é possível no âmbito acadêmico e técnico quando os participantes conseguem acompanhar toda a complexa trajetória descrita no presente trabalho. É uma oportunidade para o ensino de geoprocessamento, de lógicas conceituais e de modelos matemáticos. Contudo, não faz sentido fazer esse percurso com o cidadão comum, mas ele pode ser consultado sobre suas expectativas e valores a serem considerados na produção dos modelos de Representação, Processos e Avaliação. Temos testado ferramentas *web-based*, que podem receber registros de contribuições voluntárias dos cidadãos na forma de *brainstorming* de ideias. Pode se feito também um *blog* para postagens de

reflexões e informações do ponto de vista do cidadão. Depois as manifestações são decodificadas pelos organizadores, que preparam os dados.

Cabe destacar o risco de se produzir Modelos de Avaliação muito complexos, o que, em geral, acontece no meio acadêmico. Identifica-se que o excesso de detalhamento em geral acontece quando esses modelos não são apenas julgamentos de lugares ótimos para a construção de ideias, mas já são apresentados com caráter propositivo, ou seja: quem elabora o modelo apresenta detalhamentos que atendem à ideia de se colocar um projeto previamente pensado em uma condição e local específicos. É importante entender que os Modelos de Avaliação devem ser os mais básicos possíveis, apenas indicando os lugares aptos a receberem propostas, os não aptos e aqueles onde elas se fazem necessárias porque já existem recursos. A partir daí, os participantes do *workshop* é que irão decidir o que colocar, onde colocar e como colocar ideias. Modelos de Avaliação complexos e com excesso de informação não funcionam como suporte à construção coletiva de ideias.

O presente trabalho colabora com os usuários que queiram estruturar os seus *workshops* de Geodesign e atende também a qualquer usuário de geoprocessamento que precise realizar análises espaciais, pois ele vai no passo a passo de tudo o que se deve pensar e cuidar na realização do estudo.

REFERÊNCIAS

BALLAL, H. **Collaborative planning with digital design synthesis**. 2015. Dissertation (Doctoral) - University College London, London, 2015.

BALLAL, H.; STEINITZ, C. A Workshop in Digital Geodesign Synthesis. In: BUHMANN, E.; ERVIN, S. M.; PIETSCH, M. (eds.). **Peer Reviewed Proceedings of Digital Landscape Architecture at Anhalt University of Applied Sciences**. Berlin: Herbert Wichmann Verlag, 2015.

BERTALANFFY, L. V. **General System Theory**. New York: G. Braziller, 1968. 289 p.

BLEČIĆ, I.; SANTOS, A. G.; MOURA, A. C. M.; TRUNFIO, G. A. Multi-criteria Evaluation vs Perceived Urban Quality: An Exploratory Comparison. *In*: MISRA, S.; GERVASI, O.; MURGANTE, B.; STANKOVA, E.; KORKHOV, V.; TORRE, C.; ROCHA, A. M. A. C.; TANIAR, D.; APDUHAN, B. O.; TARANTINO, E. (eds.) **Computational Science and Its Applications – ICCSA 2019. Lecture Notes in Computer Science**, Cham, v. 11621, p. 612-627, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-24302-9_44.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: modelling with GIS**. Ottawa: Pergamon, 1994. 398 p.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A.; LLOYD, C. D. **Principles of Geographical Information Systems**. 2. ed. Nova York: Oxford University Press, 1998. 333p.

CASAGRANDE, P. B. **O framework geodesign aplicado ao Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais/Brasil): a Geologia como base de planejamento de futuros alternativos para o Quadrilátero Ferrífero**. 2018. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

CASTRIGNANÒ, M.; COLLEONI, M.; PRONELLO, C. **Muoversi in città**. Accessibilità e mobilità nella metropoli contemporanea. Milano: Franco Angeli, 2012.

CHORLEY, R.; HAGGETT, P. **Models in Geography**. London: Methuen, 1967. 816 p.

CONGIU, T.; OCCHINI, E.; PLAISANT, A. Urban accessibility for connective and inclusive living environments. An operational model at support of urban planning and design practice. *In*: GARGIULO, C.; ZOPPI, C. **Planning, nature and ecosystem services**. Napoli: FedOA Press, 2019, p. 826.

DALKEY, N.; HELMER, O. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. **Management Science**, v. 9, n. 3, 1963.

DANGERMOND, J. GIS: Designing our future. **ArcNews Online**, Summer, 2009. Disponível em: <http://www.esri.com/news/arcnews/summer09articles/>

gis-designing-our-future.html. Acesso em: 27 nov. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v14i1.148381>

DORR, J. V. N. Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. In: UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE. **Geological Survey Professional Paper 641-A**. Washington, DC: Departamento Nacional da Produção Mineral of Brazil/Agency for International Development of the United States Department of State, 1969. 110p.

ERVIN, S. **A system for Geodesign**. Keynote, may 2011, p. 158-167. Disponível em: http://www.kolleg.loel.hs-anhalt.de/landschaftsinformatik/fileadmin/user_upload/_temp_/2012/Proceedings/Buhmann_2012_19_Ervin_Keynote_2011.pdf. Acesso em: 27 jan. 2018.

FLAXMAN, M. **Geodesign: Fundamental Principles and Routes Forward**. Talk at GeoDesign Summit 2010. Presentation to the Geodesign Summit, jan. 2010, Redlands, CA. Disponível em: <http://www.geodesignsummit.com/videos/day-one.html>. Acesso em: 27 jan. 2018.

GEHL, J. **Cities for people**. Washington, DC: Island Press, 2013. 288 p.

GEHL, J. **Life between buildings: using public spaces**. Washington, DC: Island Press, 2011. 216 p.

LEFEBVRE, H. **Le Droit à la ville**. Paris: Éditions Anthropos, 1968. 142 p.

LINSTONE, H.; TUROFF, M. **The Delphi Method: Techniques and Applications**. [S.l.]: Turoff and Linstone, 2002.

LITMAN, T. Measuring transportation: traffic, mobility and accessibility. **Institute of Transportation Engineers Journal**, v. 73, n. 10, p. 28-32, 2011.

LYNCH, K. **The image of the city**. Cambridge, MA: MIT Press, 1960. 194 p.

McHARG, I. **Design with nature**. New York, US: American Museum of Natural History, 1969. 197 p.

MILLER, W. R. **Introducing Geodesign**: the concept. Redlands, CA: Esri Press, 2012. 35 p. Disponível em: <https://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/introducing-geodesign.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

MOTTA, S. R. F.; MOURA, A. C. M.; RIBEIRO, S. R. Modelagem dinâmica de combinação de variáveis por multicritérios: emprego de modelo paramétrico e algoritmo genético no estudo da área de patrimônio mundial reconhecido pela UNESCO na Pampulha, Brasil. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 142-159, set. 2019.

MOURA, A. C. M. A importância dos metadados no uso das geotecnologias e na difusão da cartografia digital. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MAPEAMENTO SISTEMÁTICO, 2., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, MG: CREA, 2005. 18 p.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano**. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2003. 294p.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: INPE, 2007, p. 2899- 2906.

MOURA, A. C. M.; FREIRE, G. J. M.; SANTANA, S. A. de; OLIVEIRA, R. H. de; FELÍCIO, M. P.; SOARES, A. M. E.; VOLL, V. L. Geoprocessamento no apoio a políticas do Programa Vila em Belo Horizonte - MG: Intervenções em assentamentos urbanos precários. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.l.], v. 61, n. 2, p. 177-188, 2009.

MOURA, A. C. M.; JANKOWSKI, P. L. Contribuições aos estudos de análises de incertezas como complementação às análises multicritérios: "Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation". **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.l.], v. 68, p. 665- 684, 2016.

MOURA, A. C. M.; MOTTA, S. R. F.; SANTOS, L. S.; SOUZA, G. T. M. Visual-driven como suporte à decisão em Análise de Multicritérios: simulação de pesos

das variáveis na produção de Modelos de Avaliação. **GEOSIG - Geografía y Sistemas de Información Geográfica**, Argentina, v. 11, n. 10, p. 209-235, 2018.

MOURA, A. C. M.; MOURA, C. A.; SANTANA, S. A.; LANNA, L. S.; AZEVEDO, Ú. C.; LOURENCO, P. M. Geoprocessamento nos diagnósticos e prognósticos de áreas de interesse especial na área de influência das linhas de transmissão da CEMIG – estudo de caso da RMBH *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 24., 2010, Aracaju. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2010, p. 1570-1578.

PERRY, C. A. **The Neighborhood Unit**: A Scheme of Arrangement for the Family-Life Community Regional Plan of New York and Its Environs. Vol. II. New York: Arno Press, 1929.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Distribuição de unidades de saúde e de escolas na Regional Pampulha, Belo Horizonte**. Belo Horizonte, MG: PMBH, 2019.

ROSIÈRE, C.; CHEMALE JUNIOR, F. Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero: uma visão geral e discussão. **Geonomos**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 27-43, 2013.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York, US: McGraw-Hill, 1980. 287 p.

SANTOS, A. G.; MOURA, A. C. M. Mobility: exploratory analysis for territorial preferences. **TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 147-156, 2019. Doi: <https://doi.org/10.6092/1970-9870/6126>.

STEINITZ, C. **A framework for Geodesign**: changing geography by design. Redlands, CA: ESRI Press, 2012. 224 p.

TOBLER, W. R. A computer model simulation of urban growth in the Detroit region. **Economic Geography**, [S.l.], v. 46, p. 234-240, 1970.

TUAN, Y-F. **Topophilia**: A study of Environmental Perception, Attitudes and Values. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1974.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG. Escola de Arquitetura. Laboratório de Geoprocessamento. **Recorte territorial do Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte, MG: UFMG, 2019.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro, RJ: Edição do Autor, 2001.