

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

GILSON MIRANDA JUNIOR

“Hello, Geography”: interfaces entre cartografia e programação

São Paulo
2020

GILSON MIRANDA JUNIOR

“Hello, Geography”: interfaces entre cartografia e programação

Trabalho de Graduação Individual apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Prof^a Dr^a Ligia Vizeu
Barrozo

São Paulo
2020

Agradecimentos

A meus pais, Gilson e Maria, sempre cientes da importância de se conhecer o mundo para além do próprio bairro. Absolutamente nada do que fiz ou vislumbro fazer não tem o alicerce de cuidado e amor dos senhores. Obrigado.

À Celina, companheira e amiga de todas as horas que sempre me apoia e dá suporte para continuar em frente. E, mais recentemente, que me trouxe duas alegrias em forma de cachorro para aguentar firme.

À turma da maldade, meus amigos Adriano, Arnaldo, Devanir, Pedro e Yuri que me acompanham desde o primeiro ano e me ensinam boa parte do que sei tanto sobre repertório acadêmico quanto sobre a amizade acima de qualquer lente que usamos para enxergar o mundo.

À Yasmin, amiga que sempre me acompanha desde antes da universidade a quem devo respeito, admiração e torcida por seu sucesso merecido e acompanhamento das minhas conquistas.

A Thiago Dos Santos Martiniuk, meu mestre. Mesmo hoje distante, saiba que é a pessoa responsável por me fazer acreditar, fascinar e me guiar pelo mundo do conhecimento. Admiração e respeito eternos por você, Fio.

À Alexandra Elbakyan, minha comunista favorita, criadora do maior serviço de democratização do conhecimento acadêmico que a humanidade já viu a partir da internet -- o sci-hub. Nenhuma página do meu trabalho sairia sem você.

A todos os pagadores de imposto do Brasil, mais especificamente os do estado de São Paulo, pela subtração de seus recursos para financiar meus estudos. Espero contribuir para que a vida de vocês possa melhorar.

À orientadora Prof^a Dr^a Ligia Vizeu Barrozo, pesquisadora que admiro muito e que me deu o suporte e autonomia necessários à execução do meu trabalho.

Resumo

MIRANDA, Gilson. J. **“Hello, Geography”: interfaces entre cartografia e programação.** 2020. fXX. Trabalho de Graduação Individual -- Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 2020.

O número cada vez maior de tecnologias vinculadas à programação exige do pesquisador na área de geografia o maior conhecimento e participação da produção cartográfica vinculado a essas ferramentas, especialmente no quadro brasileiro de déficit no capital humano para essas tarefas. Assim sendo, este trabalho tem como objetivo elucidar, através de uma revisão bibliográfica sistemática, o Estado da Arte da produção científica na área de interface entre cartografia e programação.

Palavras-chave: Geografia; programação; cartografia; gis; estado da arte; distribuição espacial.

Abstract

MIRANDA, Gilson. J. ***“Hello, Geography”: interfaces between cartography and programming.*** 2020. fXX. Trabalho de Graduação Individual -- Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 2020.

The increasing number of technologies linked to programming requires from the researcher in geography the greater knowledge and participation of cartographic production linked to these tools, especially in the Brazilian context of deficit in human capital for these tasks. Therefore, this work aims to elucidate, through a systematic bibliographic review, the State of the Art of scientific production in the area of cartography and programming interface.

Keywords: Geography; programming; cartography; gis; state of art; spatial distribution.

Lista de Figuras

Figura 1: Arquitetura da Máquina von Neumann	20
Figura 2: Exemplo de arquitetura de web mapping.	24
Figura 3: Interconexão de Hardwares e aplicações no mundo real.	25
Figura 4: Código em Python para montagem de mapa.	32
Figura 5: Municípios de São Paulo	37
Figura 6: Código do mapa dos municípios de São Paulo, 2010.	37
Figura 7: Modelo para condução da revisão bibliográfica sistemática.	40
Figura 8: Distribuição dos registros para a primeira string pesquisada.	43
Figura 9: Distribuição dos registros para a segunda string pesquisada.	45
Figura 10: Distribuição dos registros para as dez maiores áreas.	46
Figura 11: Produção de artigos por país de origem.	48
Figura 12: Produção de artigos por centro de pesquisa.	49
Figura 13: Produção de artigos por área de pesquisa.	51
Figura 14: Mapas de representação do fenômeno.	53
Figura 15: Articulação de co-citações dentro da rede de geografia econômica.	55

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Produção de artigos por país de origem.	46
Gráfico 2: Produção de artigos por centro de pesquisa.	47
Gráfico 3: Produção de artigos por área de pesquisa.	49

Lista de Tabelas

Tabela 1: Linguagens de programação mais usadas com GIS. 27

Sumário

INTRODUÇÃO	11
CONEXÕES HISTÓRICAS ENTRE CARTOGRAFIA E PROGRAMAÇÃO	15
A cartografia digital	15
Problemas internos à ciência da computação	18
A revolução do WebMapping	21
AS LINGUAGENS E O CASO BRASILEIRO	26
Python	29
Javascript	32
R e sua comunidade	34
A PRODUÇÃO ACADÊMICA: MÉTODO	38
Os primeiros passos	40
A definição do problema	40
Objetivos	40
Fontes primárias	40
O primeiro ciclo	41
Strings de busca	41
Critérios de inclusão	42
Critérios de qualificação	42
Processamento	43
O segundo ciclo	43
Strings de busca	43
Critérios de inclusão	44
Critérios de qualificação	44

Processamento	45
O ESTADO DA ARTE	46
Distribuição espacial	46
Áreas de diálogo	48
Aplicação	50
Detalhamento de aplicação	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

INTRODUÇÃO

O olhar que damos hoje à produção cartográfica fora da academia está intuitivamente vinculado à emergência de aplicativos que envolvem o uso de tecnologias de geolocalização e produzem, em tempo real, formas de representação espaciais que nos permitem enxergar desde o percurso de um entregador a nossas casas ao espalhamento de uma doença por quarteirões como o caso do coronavírus. Além disso, pesquisadores contam hoje com uma diversidade de áreas valendo-se das mesmas ferramentas computacionais para a produção de conhecimento e visualização de dados na forma de mapas. Essa relação institucional-acadêmica e mercadológica orbita o centro de gravidade de códigos interpretados por navegadores, sistemas operacionais, servidores e bases de dados com potencial gigantesco de alimentação por parte de seus próprios usuários. Pode-se hoje auxiliar a construção de indicações de trânsito em determinados pontos da cidade com apenas dois toques na tela de aplicativos e visualizar imediatamente seu retorno, além de conferir uma rede de validação da informação descentralizada que se projeta por meio de notas para a classificação da informação ou serviço prestados.

Nesse sentido, tecnologias de sistemas de informação geográfica (SIG) não se apresentam mais como meramente vinculadas ao trabalho de operar um computador num determinado software, mas estão integradas ao cotidiano do mercado e do Estado, de modo a que habilidades vinculadas à ciência da computação e programação são cada vez mais necessárias a seu melhoramento e consequente produção de conhecimento. (BOWLICK, 2017) A preocupação com a formação de capital humano a partir de geógrafos qualificados para realizar o uso de ferramentas tecnológicas de computação começa a emergir especialmente a partir da década de 1960 com a consolidação da dita revolução quantitativa. Por meio da aplicação de métodos matemáticos aos fenômenos humanos a então Geografia Analítica

consolidou-se especialmente em países anglo saxões como forma não só de apreensão da realidade que Alexander von Humboldt, Alfred Wegener ou Walter Christaller viram como efetiva na forma de mapas, mas também como forma de utilização de ferramentas computacionais que poderiam ser ensinadas a fazê-lo. (TOBLER, 2000)

Percebe-se então que a apreensão de como essa trajetória de diálogos e influências da cartografia produzida por geógrafos e as tecnologias de computação é vital não só para a produção de conhecimento esclarecido sobre as dinâmicas de globalização e formação de territorialidades, mas também para a avaliação da própria participação, impacto e permanência desses profissionais na academia e fora dela. Em 2010 hackers vazaram centenas de emails relativos às pesquisas de mudanças climáticas na universidade de East Anglia e isso incentivou muitos céticos do aquecimento global a procurarem por possíveis falsificações de dados para firmarem suas posições contrárias, mas o que se destacou em meio ao caso foram justamente as falhas no código produzidas por um dos cientistas que conduzia a pesquisa e que foram identificadas por muitos usuários sem vinculação direta à academia ou conhecimento formal estabelecido na área de estudos. (Merali, 2010) Ou seja -- há uma “língua franca” de caracteres interpretados pelos computadores que indivíduos de diferentes trajetórias podem acessar e agregar conhecimento de maneira não institucionalizada, o que gera do ponto de vista da produção de conhecimento um alerta e ao mesmo uma possibilidade gigantesca de trabalho conjunto de cientistas e não cientistas para a formulação cartográfica. Para isso, há desafios de conhecimento grandes para pessoas que não são familiarizadas com áreas da computação mas que precisam delas e que estão, especialmente na geografia do Brasil, ainda muito embrionárias institucionalmente para a promoção de integração do conhecimento internacional e possibilidade de ofertas no mundo do trabalho, dado que muitos pesquisadores de outras áreas valem-se do saber geográfico e colocam-se passos a frente de quem ainda não possui essa formação técnica mas detém o repertório de interpretação qualitativa mais acurado daquilo que se é produzido.

Assim sendo, este trabalho tem como objetivo elucidar, através de uma revisão bibliográfica sistemática, o Estado da Arte da produção científica na área de interface entre cartografia e programação. Para isso, ele será exposto em quatro capítulos.

O primeiro tratará de conduzir em linhas gerais o percurso histórico internacional de imbricação entre a produção cartográfica digitalizada e a ciência geográfica de modo a compreendermos, a partir da década de 1960, como as tecnologias pregressas se inseriram no cotidiano dos geógrafos e tiveram seus momentos de maior proximidade e afastamento, especialmente no que diz respeito ao ensino dessas ferramentas e suas dificuldades.

Já o segundo capítulo terá como foco o caso brasileiro no sentido de permitir compreender como ações institucionais e não institucionais dialogam desde a última década para produzir o conhecimento geográfico atrelado aos softwares de mapeamento e, mais recentemente, às linguagens de programação como Python, Javascript e R.

Após essa avaliação, o foco se dará em torno da produção de artigos propriamente dita que envolva a interface entre cartografia e programação. Através de bancos de dados como o Web of Science, será exposto o perfil bibliométrico dessas produções num recorte temporal de dois anos no terceiro capítulo.

Por fim, será realizada no quarto capítulo a avaliação aprofundada de um amostral para verificar as práticas de produção científica e o então estado da arte do que se espera de uma produção acadêmica circunscrita ao tema da monografia.

Espera-se assim conseguir explorar de maneira introdutória uma área não tão consolidada no Brasil e permitir aos interessados a primeira forma de contato ativo com o tema e possibilidades de integração dessa produção. Além disso, pretende-se sinalizar de maneira primária a fragilidade de adequação ao mundo do trabalho pelos formandos de centros como a Universidade de São Paulo no que se refere a exercer profissões que não a docência.

A obtenção e o tratamento dos dados são essenciais para a execução do projeto, mas também trazem consigo a necessidade de um método que consiga contemplar o objetivo, potencializando assim as técnicas utilizadas. Assim sendo, optou-se pela revisão bibliográfica sistemática. O entendimento do “estado da arte” e a indicação de potencialidades e limitações de áreas relativamente novas à produção científica, como o caso do tema do projeto, implica na necessidade de uma revisão bibliográfica que não se alinhe a uma subjetividade hiperbolizada do pesquisador, mas que tente através das análises comparativa e quantitativa elucidar o cenário da produção.

Nessa mesma linha de raciocínio, Mulrow (1994) enfatiza que revisões sistemáticas incluindo meta-análise são atividades pouco valorizadas no mundo científico. No entanto, setores como saúde, estudos demográficos e legisladores de políticas públicas necessitam fazer uso de revisão sistemática para integrar e analisar de forma eficiente uma grande quantidade de informação, possibilitando a tomada de decisão mais eficaz. Para Mulrow (1994), o uso de procedimentos sistemáticos aumenta a confiabilidade e acuracidade das conclusões e resultados do estudo. Completa argumentando que apesar da revisão sistemática consumir bastante tempo e recursos, ainda assim é mais rápido e custa menos do que começar um novo estudo completo em uma área que já possui resultados publicados, mas que não foram devidamente explorados. (CONFORTO, 2011 apud MULROW, 1994)¹

Assim sendo, a aplicação de uma metodologia rigorosa permite a obtenção de melhores resultados e possibilidades de avaliação por pares a fim de potencializar as descobertas na área, sobretudo no Brasil. Os passos para sua execução vinculados à pesquisa são os de conhecer a literatura da área, compreendê-la em seus mais diversos sentidos com o intuito de estabelecer o core dos dados a serem obtidos, aplicar a revisão a partir das informações organizadas, as compilar através de representações textuais, gráficas e cartográficas e, por fim, avaliar os resultados obtidos.

¹ 1 CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, SL da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. Trabalho apresentado, n. 8, 2011.

1. CONEXÕES HISTÓRICAS ENTRE CARTOGRAFIA E PROGRAMAÇÃO

1.1. A cartografia digital

O recorte temporal do percurso que faremos entre cartografia e programação se dá a partir da década de 1960 porque foi justamente nela que nasceu a base para a digitalização das formas cartográficas a partir da criação do CGIS (sistema de informação geográfica canadense). A fim de dar o alicerce ao planejamento territorial rural canadense, Roger Tomlinson, geógrafo britânico, realizou uma parceria com a empresa IBM para a validação do projeto CARDA (Reabilitação e desenvolvimento administrativo da agricultura canadense). Além disso, ainda não havia do ponto de vista da ciência da computação a tecnologia necessária às necessidades que o grupo enfrentava. (WATERS, 2018) Esse elemento é de extrema importância para o entendimento da disposição internacional de produção cartográfica à época, dado que hoje se pode olhar intuitivamente como sendo a ciência da computação desde sempre a responsável pelo desenvolvimento de ferramentas mais avançadas. Olharemos para as dificuldades próprias dessa área ainda neste capítulo.

Dentre as inovações do sistema proposto estavam especialmente um hardware para escaneamento a laser dos mapas e um software para a realização da vetorização das imagens com o intuito de armazenar as camadas raster adequadamente. Esse sistema é conhecido como a primeira forma de SIG (sistema de informação geográfica), tendo Roger Tomlinson como seu pai fundador. Esse movimento foi o divisor de águas do ponto de vista da produção geográfica e análise espacial para a virada quantitativa que a ciência tomava no sentido de captura e focalização dos padrões espaciais como objeto de estudo. (Christofoletti, 1999)

O Brasil na década de 1960 a partir do golpe e ditadura civil-militares teve a preocupação do maior mapeamento territorial, especialmente o amazônico. A principal fonte de obtenção dessas informações se dava na forma de fotografias aéreas adquiridas de forças armadas com a dos USA na escala de 1:60.000. Além disso, teve-se a partir de 1965 a criação do curso de Engenharia Cartográfica na UERJ e a introdução da tecnologia de sensoriamento remoto no INPE. A partir da década de 1970 teve-se a criação do Projeto RADAM para mapeamento territorial e foco no território amazônico com a tecnologia SLAR (radar de visada lateral) que possuia um sensor capaz de capturar imagens tanto durante o dia quanto à noite, mesmo em condições de nebulosidade.

Ao final do ano de 1985 cerca de 98,9% do território brasileiro já estava mapeado. (ARCHELA, 2008). Foi justamente na primeira metade da década de 1980 que Roger Tomlinson visitou o Brasil e gerou o incentivo para a criação dos primeiros grupos de desenvolvimento e uso mais fortalecido de sua tecnologia no país. Sob a orientação do professor Jorge Xavier desenvolveu-se o SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental); o INPE realizou a partir 1984 pesquisas para desenvolvimento de tecnologias como o SITIM (Sistema de tratamento de imagens) e o SGI (Sistema de informações geográficas) já voltados para ambientes PC/DOS. Esses dois últimos sistemas possibilitaram mapeamentos como o de remanescentes da Mata Atlântica, porções fito-ecológicas de Fernando de Noronha e possibilidades de plantio na região Sul (EMBRAPA). Pode-se também destacar o trabalho desenvolvido pela TELEBRÁS, o SAGRE (Sistema automatizado de Gerência de Rede Externa) que aplicou Geoprocessamento no setor de telefonia já contando com um banco de dados cliente-servidor (ORACLE). (CÂMARA, 2011)

A partir desse olhar para o Brasil consegue-se notar como a forma de desenvolvimento da tecnologia já ganha contornos de uso de ferramentas computacionais mais potentes como grandes bancos de dados e possibilitam a imbricação das áreas para o uso cartográfico. Optou-se pelo avanço temporal no quadro brasileiro antes do internacional por se tratar de uma pesquisa realizada no país

e também porque permite-nos enxergar como a dimensão pública na forma do Estado Brasileiro toma grandes proporções na obtenção de tecnologias mas sofre uma virada um pouco mais tardia de grande participação do setor privado.

No ano de 1982 a Esri desenvolveu o primeiro SIG comercial, o ARC/INFO, período em que se estava popularizando justamente os computadores da IBM obtendo com isso um valor de U\$40 milhões anuais. A complicação inicialmente levantada de falta de capital humano para as tecnologias já era um problema internacional naquela época dado que não haviam pessoas o suficientes para oferecer usos potenciais das tecnologias e avança-las num nível aceitável, o que incentivou a Fundação Científica Nacional dos EUA a realizar uma concessão a um grupo de departamentos de geografia como os da Universidade da Califórnia, Santa Barbara, Universidade do Estado de Nova York e para o departamento de engenharia da Universidade de Maine. A partir de U\$5 milhões de dólares anuais eles focaram-se em pesquisas e desenvolvem um currículo de GIS com mais de 75 aulas distribuídas em 3 semestres. O material produzido por mais de 35 pesquisadores foi um sucesso de vendas e teve mais de 1300 cópias distribuídas em mais de 70 países. (WATERS, 2018)

Ao final da década de 1980 e início da década de 1990 a tecnologia desenvolvida nos computadores e na então embrionária WEB estavam ganhando espaço e traçaram um caminho próximo mas que atualmente vem se deslocando cada vez mais dos processos GIS, especialmente com a crescente onde empresas abrindo seus bancos de dados e criando suas próprias tecnologias com um número crescente de dados. Para se entender o porquê desse fenômeno e seus efeitos na produção acadêmica e campo de trabalho dos geógrafos, essa pesquisa percorrerá historicamente a evolução do WebMapping e seus aspectos que permitiram a emergência e popularização de serviços hoje banais para a maioria da população mundial. Além disso, pretende-se também explorar um flanco não tão consolidado de história da cartografia que é super prolífico e necessário para assentar os conceitos-base das atuais pesquisas cartográficas. Mas, para isso, vamos olhar um pouco dos problemas internos à ciência da computação.

1.2. Problemas internos à ciência da computação

A forma dos computadores até a década de 1940 traziam em si grandes problemas causados pela forma como os algoritmos eram constituídos e aplicados às máquinas. Não existia uma máquina capaz de executar vários programas, mas sim uma máquina projetada apenas para exercer determinada função. Isso gerava problemas graves dado que era necessário armazenar tanto o programa quanto os dados de inserção no mesmo dispositivo, podendo assim manipular tais programas. Dentro do escopo de projeto do primeiro computador digital da história, o matemático Alexander Von Neumann descreveu uma arquitetura capaz de gerar essa possibilidade. Não necessariamente ele teve a ideia inicial, dado que era algo em suspensão para a ciência à época, mas foi a primeira pessoa a sistematizar o projeto. Os componentes dessa arquitetura eram uma memória, uma unidade aritmética e lógica (ALU), uma unidade central de processamento (CPU) e uma unidade de controle, cuja função é buscar instrução por instrução de um programa na memória e executá-lo a partir de dados de entrada. (WEI, 2010)

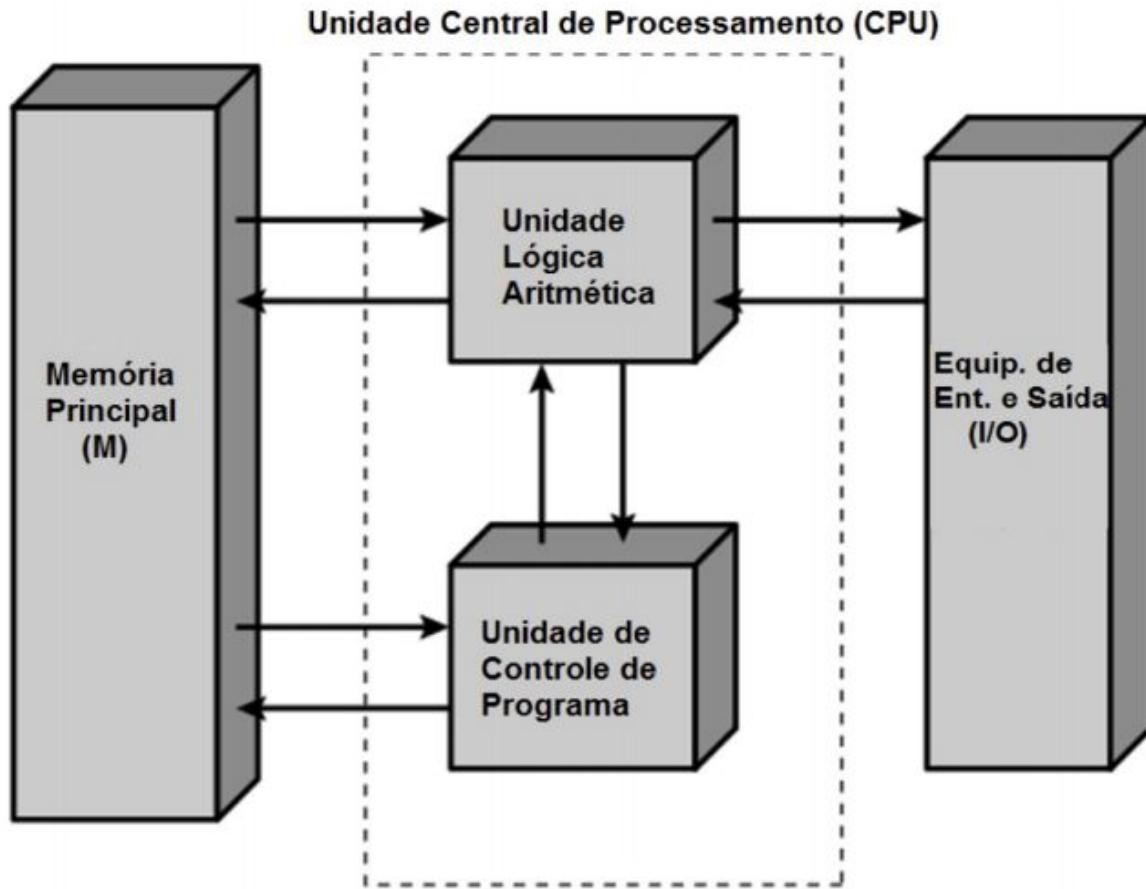


Figura 1: Arquitetura da Máquina von Neumann

O ciclo de execução do programa pode ser descrito como:

1. O Contador de Programa é utilizado pela Unidade de Controle para determinar qual e onde está a próxima instrução.
2. A Unidade de Controle busca a instrução do programa na Memória Principal.
3. Será feita a decodificação da instrução para uma linguagem na qual a ALU possa interpretar

4. Os dados requeridos são transferidos da memória e alocados nos registradores da *CPU*.
5. A Unidade de Lógica Aritmética executa a instrução e coloca os resultados na memória ou nos próprios registradores.

Outro importante conceito adotado por Von Neumann foi o de controle de transferência condicional. Ao invés de apenas executar ações em ordem cronológica ele poderia sobrepor ou pular determinadas ações baseado em expressões lógicas como IF, THEN e FOR. (FERGUSON, 2004) A arquitetura é ainda hoje bastante pertinente para se construir computadores e auxiliou um grande salto da produção de computação. Esse passo também permitiu a criação das primeiras linguagens de programação, formas de comunicação do usuário com o computador a fim de transmitir instruções à máquina. O modo como elas são passadas foi se constituindo em alguns formatos mais intuitivos e que permitem distanciar o usuário do trabalho somente com os números 0 e 1. A primeira mais massivamente utilizada foi o FORTRAN, linguagem criada para computação científica na IBM. Outra linguagem ainda bastante presente no sistema bancário é o COBOL. Inicialmente pensada para o usuário de negócios ela permitiu a organização de dados e consequentemente armazenamento por parte dos usuários; destaca-se também sua menor curva de aprendizagem.

Nesse período também estava se avançando numa forma de conexão entre usuários através do que depois se consolidou como World Wide Web. Por meio de protocolos de envio e recebimento de requisições, tornou-se possível enviar informações que inicialmente restringiam-se a textos mas conseguiram a partir do ano de 1993 a implementação do primeiro mapa de servidor na internet. (NEUMANN, 2008).

1.3. A revolução do WebMapping

Quase que diariamente, de modo deliberado ou não, transferimos dados e verificamos serviços de localização como o Google Maps ou mesmo nos apps de transporte como o Uber. A disposição de mapas com informação em tempo real de miniaturas de motociclistas transitando pelas ruas carregam em si uma complexa teia de serviços que se interligam e são interpretados pelos navegadores de nossos computadores e smartphones. A cartografia web lida primariamente com problemas de ordem tecnológica enquanto também verifica como se pode otimizar as técnicas de produção e usabilidade, diferenciando-se então da Web Gis, que se relaciona à análise e processamento de geodados específicos e também seus aspectos exploratórios. Essa fronteira é um pouco cinzenta dado a interligação e possibilidades que serviços oferecem tanto de usabilidade quanto análise, mas é importante enquanto marcador conceitual. (NEUMANN, 2008)

As primeiras formas de apresentação dos mapas na internet estavam vinculadas a arquivos HTML (high text markup language), uma linguagem de marcação que indica o tipo de item que vai ser interpretado por seu navegador, como um título, parágrafo, cabeçalho, rodapé, etc. Esse também foi o período de desenvolvimento dos primeiros navegadores como o Netscape. A partir da introdução do Javascript, uma linguagem de programação voltada para o desenvolvimento web, ficou mais fácil de se incluir mapas interativos a partir de arquivos raster. Já em 1996 se consolidou o MapQuest, um dos primeiros serviços de encontros de rotas dispostos em mapas web e textos descritivos, junto com o Geomedia Webmap, o primeiro serviço comercial de servidor web map. Com o advento do HTML 4.0 tornou-se possível a utilização de CSS, uma linguagem que permite a estilização de arquivos. Porém, ainda não se havia unificado a forma de escrever os códigos, então para cada navegador (à época o Netscape e o

recém criado Microsoft Internet Explorer) precisava-se escrever um código diferente, período que ficou conhecido como “guerra dos navegadores”. (NEUMANN, 2008) Com o tempo conseguiu-se a unificação do formato HTML e também a entrada ESRI, empresa responsável pelas formas GIS com o MapObjects, servidor de mapas web. Nesse período também se criou uma linguagem de marcação super importante até os dias de hoje, o SVG. Através da integração de gráficos raster e textos com multimídia, abriu-se uma enorme oportunidade de uso de mapas na internet cada vez mais personalizáveis e possíveis ao usuário comum.

A forma de revolução presente no título do mapa não trata somente da possibilidade de inserção de informações num nível nunca antes visto a todos, mas também a possibilidade de, a partir de acesso a computadores e internet, produzir de seu próprio quarto e contribuir com esse processo de maneira ativa e descentralizada. O modelo de uso da internet pode ser representado por cliente e servidor, no qual o usuário (cliente), faz requisições ao servidor, como uma url de página, e tem o retorno de arquivos html e css com seu site em tela. Os mapas, nesse sentido, desenvolvem-se tanto em tecnologias do lado do cliente, como navegadores cada vez mais tecnológicos e passíveis de interpretar códigos, como tecnologias de servidor que possibilitam o melhor processamento das informações e repasse ao usuário final, especialmente hoje em tempo real.

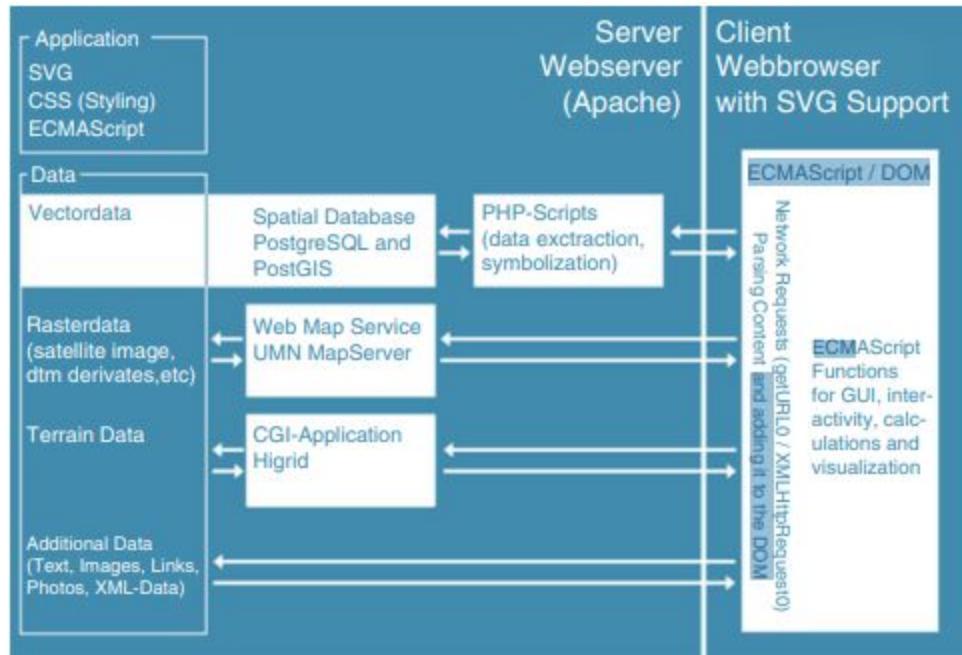


Figura 2: Exemplo de arquitetura de web mapping. (Flüeler et al. 2006, p. 4)

Com a entrada no século XXI de massivas quantidades de dados e serviços descentralizados a reinvenção de sistemas como GIS e WebMapping envolvem sua participação em setores extremamente estratégicos como a tomada de decisão por meio de agentes públicos ou privados. A logística global necessita de detalhes para a tomada de decisão no deslocamento de cargas e pessoas, além de desastres naturais necessitarem de aviso imediato às populações afetadas e seu entorno.

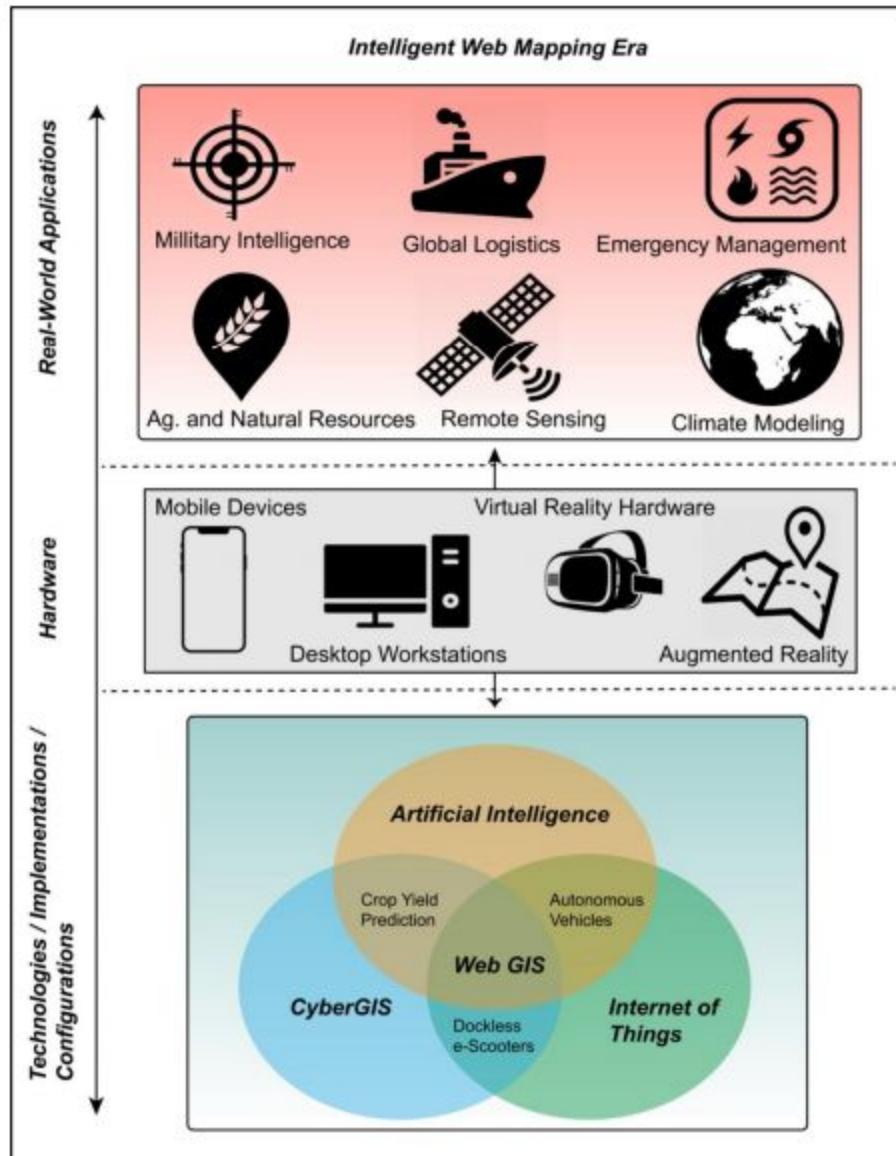


Figura 3: Interconexão de Hardwares e aplicações no mundo real. (MATNEY, 2019)

Essa era de web mapping inteligente é tratada justamente como a forma de interconexão mais abrangente que já tivemos de áreas do conhecimento e suscita em tanto quem as produz quanto estuda uma fuga de sua restrição de repertório em direção a uma linguagem em comum para o melhor entendimento dos fenômenos e adaptabilidade à quantidade expressiva de tecnologias produzidas. A partir de 2020,

essa forma de massificação das representações está extremamente ativa por conta da pandemia do Coronavírus e traz cada vez mais pesquisadores de outras áreas para o desenvolvimento de mapas e constituição de saberes geográficos que podem ser potencializados do quanto de cada um deles com acesso à internet e ferramentas gratuitas. Ou seja -- esse avanço indica que tanto metodológica quanto tecnicamente não faz mais sentido nos atermos somente às formas consolidadas de lidar com a produção cartográfica com tecnologias muitas vezes menos potentes, porque a própria realidade de reprodução de diferentes interfaces, linguagens e formas de apreensão sabotarão nosso recorte metodológico.

Nesse sentido, partimos de um cenário onde o recém chegado GIS começou a indicar caminhos para os pesados e lentos computadores analógicos e chegamos numa condição histórica de imbricação onde não é mais possível separar, ao menos sem perder fôlego acadêmico e profissional, a cartografia e as tecnologias web. No próximo capítulo olharemos as iniciativas institucionais e não institucionais de sujeitos e organizações que realizam no Brasil esse avanço de fronteira das áreas.

2. AS LINGUAGENS E O CASO BRASILEIRO

A formação cartográfica brasileira, especialmente nos centros de geografia das grandes universidades, não guarda em si uma trajetória de diálogo expressivo com as formas de webmapping expostas no capítulo anterior. Como mostrado, o foco da produção esteve bastante vinculado aos grandes sistemas GIS conduzidos por políticas estatais e se revelam presentes na formação de disciplinas a partir do uso de tecnologias da ESRI como o ArcGIS, sendo também comum a passagem pelo software licença aberta QGIS. Esse caráter de uso técnico a partir de softwares guarda em si um distanciamento dos códigos que os conduzem por trás, sendo o trabalho do geógrafo mais o de identificar onde estão os botões para a realização de tarefas e suas especificações em uma interface mais amigável. Tecnologias com interfaces nesse formato são extremamente necessárias para o usuário médio e são elas que potencializam e democratizam o uso das ferramentas por quem não detém o conhecimento teórico mais apropriado. Porém, para a pesquisa e condução de novas descobertas há um repertório que, se dominado pelos geógrafos, pode conduzir a eles mesmos a terem o protagonismo de entendimento aprofundado de suas ferramentas e criação de novas formas de representação. Este capítulo irá justamente expor as iniciativas que conseguiram conduzir o olhar dos bastidores do código e geraram potenciais a nível internacional de estudos sobre o Brasil, dado que se estabelece a comunicação a partir da “língua franca” onde qualquer usuário, com mais ou menos repertório, pode conduzir avanços. Evidentemente isso também traz malefícios, especialmente em tempos de coronavírus, então também exporemos os problemas de pessoas sem conhecimento específico produzindo dados e impactando negativamente as pessoas.

Interfaces de linha de comando e programação são portanto território desconhecido para a maioria das pessoas com experiência em ciências não computacionais, mas são importantes para graduados buscando várias carreiras na geografia física, especialmente aquelas envolvendo grandes conjuntos de dados (e.g. meteorologia, ciência de observação da terra, modelagem de sistema terrestre). Foi notado por outros (e.g. Bradbeer, 1999; Chapman, 2012; Nulty & Barrett, 1996) que estudantes são atraídos para a geografia porque a “natureza flexível, aplicada e ativa do assunto convém para seu estilo de aprendizagem” (Chapman, 2012, p. 205). A reintrodução de assuntos como matemática, estatística e informática numa fase posterior de sua educação pode causar ansiedade (Chapman, 2012). De fato, uma grande proporção dos estudantes nunca terá tido qualquer exposição à programação que seja, e como resultado, a inevitável curva de aprendizado íngreme será uma perspectiva assustadora e opressora. Ensinar programação requer a integração de vários sub domínios da aprendizagem (Bloom, 1956) dentro de um ambiente de aprendizado solidário (e.g. palestras interativas, atividades e avaliações através de computador; Biggs, 2003; Biggs & Tang, 2011) a fim de serem verdadeiramente bem sucedidos. (e.g. interactive lectures, computer-based activities and assessments; Biggs, 2003; Biggs & Tang, 2011) in order to be truly successful. (MULLER, KIDD, 2014)²

Como exposto, o contato dos geógrafos com os conhecimentos de programação exigem de início uma forma de conduzir operações lógicas e o estabelecimento de conhecimentos matemáticos que geralmente não se encontram tão presentes no que se espera de uma graduação na área, associando-se a questão de formação deficitária generalizada no próprio campo da matemática no país³, contribuindo para seu afastamento da área ou utilização formal com ambientes próximos de apenas cliques. O primeiro passo para o entendimento dessas iniciativas se dá justamente em compreender os porquês das ferramentas de uso deles serem tão potentes, explicitando primeiros quais são essas linguagens.

² Catherine L. Muller & Chris Kidd (2014) Debugging geographers: teaching programming to non-computer scientists, *Journal of Geography in Higher Education*, 38:2, 175-192.

³ O Brasil ocupa a última posição na América do Sul em matemática. INEP, Governo Federal. Pisa 2018 revela baixo desempenho escolar em leitura, matemática e ciências no Brasil. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206. Acesso em: 10/07/2020.

Rank	Business Insider - ranking based on GitHub	IEEE Survey of members (2018)	Stack Overflow Developer Survey (2019)	GoGeomatics: Top Languages in the GIS World	Full Stack Academy (9 best to learn)	Women Who Code
1	JavaScript	Python	JavaScript	Python	JavaScript	Python
2	Java	C++	HTML/CSS	JavaScript	Swift	Java
3	Python	Java	SQL	R	Java	JavaScript
4	PHP	C#	Python	SQL	C/C++	Rust
5	C++	R	Java	Java	Python	Kotlin
6	C#	PHP	Bash/Shell	C/C++	PHP	-
7	TypeScript	JavaScript	C#	C#	Ruby	-
8	Shell	Go	PHP	-	C#	-
9	C	Assembly	C++	-	Rust	-
10	Ruby	Matlab	TypeScript	-	-	-

Tabela 1: Linguagens mais usadas com GIS. (PENNSTATE, 2016)

Os dados mais atualizados de uso de linguagens de programação associadas ao universo GIS indicam que Python, Javascript e R são as mais utilizadas pelos usuários. Porém, deve-se levar em consideração que o uso dessas linguagens não é feito sem diálogo entre elas, dado que a depender da tecnologia GIS o suporte a cada uma delas possibilitará a melhor realização de uma atividade específica e também está vinculada ao próprio sentido que o projeto necessita. Por exemplo: se precisarmos utilizar uma ferramenta de captura de dados de geolocalização a partir de um aplicativo de celular, podemos construir o aplicativo na linguagem Javascript, capturar os dados por ela e os tratarmos visualmente na linguagem R. Além disso, as próprias comunidades de usuários criam constantemente novas ferramentas e reportam bugs que auxiliam a melhor construção de soluções, realizando numa escala gigantesca o trabalho de revisão por pares que se tem em artigos de produção acadêmica, não sendo em vão o exemplo de erros de código no projeto de mudanças climáticas citado no primeiro capítulo. Haverá uma demonstração em cada linguagem a fim de melhor

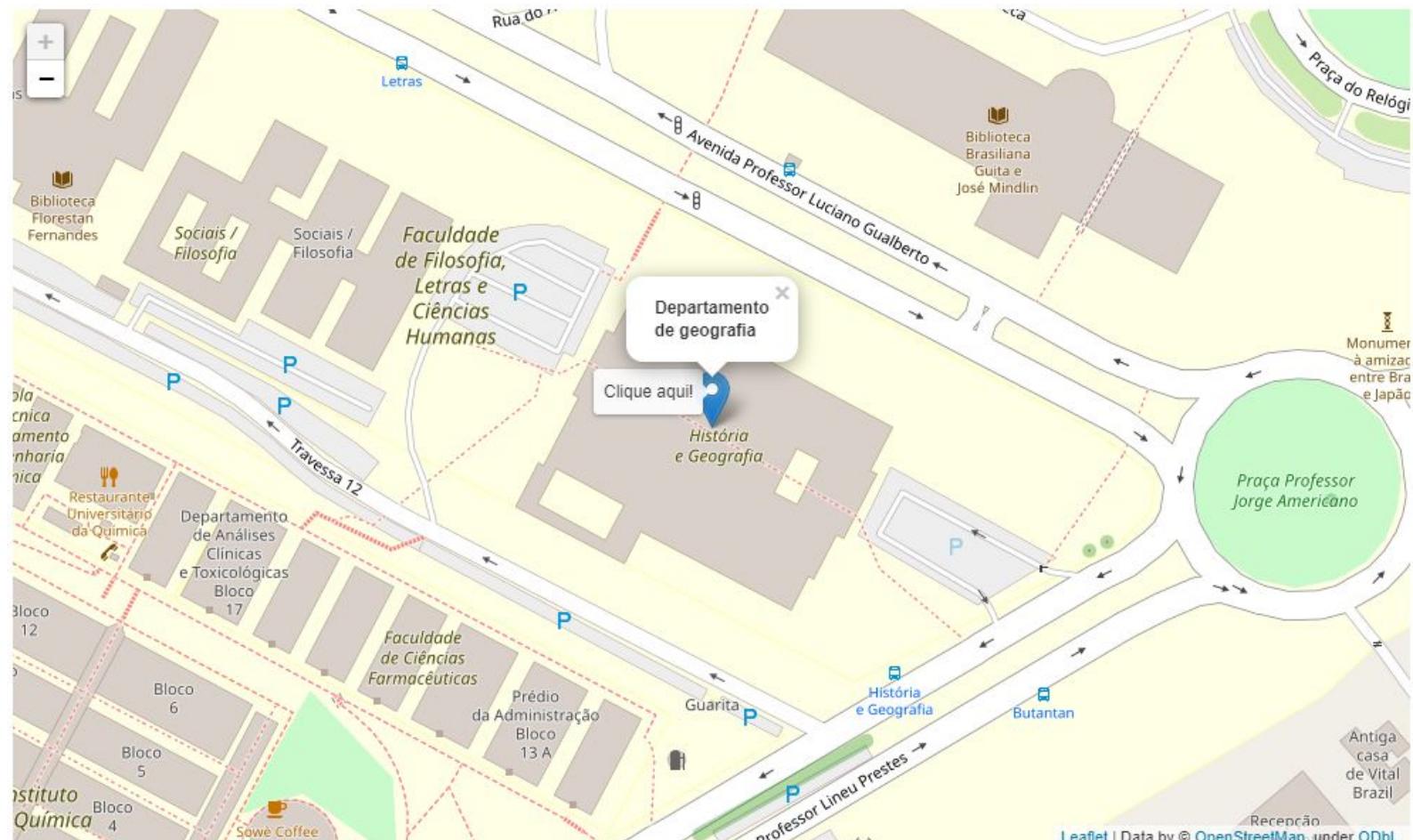
visualizar as possibilidades de produção e o caráter de curva de aprendizado que pode ser cada vez mais complicado para pesquisadores que não tenham contato com as ferramentas.

Nesse sentido, as demonstrações que virão não partirão dos softwares consagrados de GIS com integração às linguagens, mas sim da própria interface de produção delas, no que é o código em si, para que se possa tanto subverter o olhar de criar mapas a partir de botões quanto possibilitar a melhor visualização possível da potencialidade dessas linguagens para o trabalho do geógrafo. E é também a partir delas que se poderá delinear o cenário de iniciativas em torno de uso.

2.1. Python

Python é uma linguagem de programação considerada de alto nível, ou seja, ela está mais distante do trabalho com números binários feito próximo da máquina e mais perto de interfaces e integrações que nos são mais familiares e intuitivas. Surgiu em 1992 a partir do trabalho de Guido van Rossum e tem como característica fundante a proposição de simplificação dos códigos e explicitação de seus passos, de modo a gerar no usuário um melhor controle sobre sua produção e legibilidade de seus pares. (PYTHON, 2008) É importante destacar que o trabalho de código realizado por programadores é visto por muitas pessoas e, nesse sentido, tem de abrir os menores flancos de dúvidas sobre sua construção possíveis, dado que assim consegue-se compartilhar conhecimento e gera-se viabilidade econômica para as produções comerciais. Parte do esforço de exposição desse TGI gira deliberadamente em torno do princípio de facilitação de acesso à informação e conhecimentos sem a perda da solidez metodológica e da seriedade no trabalho com as fontes.

Como se pode observar no github, a maior comunidade de repositórios de programação do mundo, a popularidade do Python não se dá somente entre os usuários de GIS, o que gera uma produção maciça de possibilidades para trabalhos de construção cartográfica. A fim de representar essa proposição, faz-se a demonstração.



Mapa 1: Localização do departamento de Geografia da USP (MIRANDA, 2020)

O mapa gerado acima tem em sua composição a geração de um tipo de visualização não estática; ou seja, ele permite através dos botões no canto superior esquerdo a possibilidade de alteração da escala do mapa, além de possibilitar a rolagem dele mesmo para todo o globo, sendo apenas focalizado através do código para a geração da imagem de vista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. A montagem do código para a geração do mapa se dá em torno do uso do Folium, um facilitador de visualização de dados presentes na biblioteca chamada Leaflet. Nesse sentido, ele direciona o conteúdo buscado na biblioteca que está online

e permite projetá-lo de modo estilizado e facilitado para o usuário, permitindo assim a utilização não só estática como a gerada pela imagem como também uma dinâmica que já é usada em diversos serviços, especialmente hoje os de avaliação do coronavírus, como o próprio site da OMS para monitoramento do COVID.⁴

```
'pip install folium'
import folium

mapa = folium.Map(
    location=[-23.5632387,-46.7233488],
    zoom_start=40
)
folium.Marker(
    location=[-23.5632387,-46.7233488],
    popup='<b>Departamento de Geografia</b>',
).add_to(mapa)

mapa
```

Figura 4: Código em Python para montagem de mapa. (MIRANDA, 2020)

O primeiro passo do código se dá em torno de instalar o folium através de um serviço chamado pip, seguido de sua importação para o projeto. Após isso, cria-se uma variável, caixa que guardará as informações de nosso mapa. Dentro dela, usa-se o folium seguido de um ponto e sua categoria de Map⁵. Abre-se então parêntese e coloca-se a indicação das coordenadas de localização do ponto que queremos

⁴ WHO. Dashboard casos coronavírus. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 02/08/2020.

⁵ FOLIUM. Documentação de início. Disponível em: <https://python-visualization.github.io/folium/quickstart.html#Getting-Started>. Acesso em: 02/08/2020.

focalizar; no caso, o Departamento de Geografia. Coloca-se o zoom desejado para o ponto em questão e parte-se para alteração do marcador. Nele, também coloca-se a localização desejada e adiciona-se, se desejado, um popup para quando se clica no marcador aparecer o nome que damos em negrito (uso dos ** **). Após isso adicionamos as informações indicadas ao mapa e na linha de baixo o fazemos aparecer através da digitação de seu próprio nome. Com essas poucas linhas, consegue obter um instrumento poderoso para uso em pesquisas, observações, problemas mercadológicos, etc. Pode-se trabalhar com mapas temáticos e sistemáticos em suas mais variadas formas porque o código do programa é aberto e a comunidade de usuários sempre promove alterações e melhorias, além do acesso facilitado à informação com uma simples pesquisa no google, trazendo a quem queira aprender uma curva de aprendizado bem mais tranquila e potente.

2.2. Javascript

Outra linguagem bastante popular tanto por usuários de não acadêmicos quanto às pessoas vinculadas às geociências é o Javascript. Nascido com suas funcionalidades voltadas ao desenvolvimento web, essa linguagem de programação vem ganhando espaço não só na constituição de possibilidades de atuação no que se chama de Front-End, as partes que enxergamos de páginas na internet como textos, imagens, parágrafos, cores, etc, quanto em sua face de Back-end, aquilo que diz respeito ao encadeamento de informações do lado do servidor e geralmente tem sua aparição para o usuário comum associada a algum erro. Geralmente associada à linguagem Java por sua proximidade de nome, o Javascript não tem vinculação enquanto linguagem a ela, mas sim do ponto de vista de marketing. (HAVERBEKE, 2018)

A linguagem é reconhecida e também criticada por sua versatilidade de introdução das informações, dado que algumas necessitam da explicitação dos tipos de informação que se está usando (letra, número inteiro, número decimal, etc), enquanto o

Javascript não se constitui com tal necessidade. Dado que seu papel de desenvolvimento para a WEB é gigantesco, acabou-se desenvolvendo muitas ferramentas também para o uso cartográfico, especialmente a partir da explosão do número de startups que começaram a desenvolver suas próprias formas de utilização dos dados com um grande número de input vindo dos próprios usuários. Além disso, as pessoas podem se valer de API (interface de programação de aplicações), uma conexão que pode ser realizada entre serviços de diferentes partes da web, como por exemplo valer-se de um mapa do Google Maps para mostrar a localização de um restaurante no site do estabelecimento. Outra vantagem é a possibilidade do uso de serviços que se atualizam instantaneamente, permitindo que, ao se adicionar uma informação num banco de dados, possa haver a atualização de uma mapa em tempo real. Para entender a diferença em relação à sintaxe de python, agora haverá a demonstração do mesmo mapa acima só que feito a partir de código em Javascript.

```
var initialCoordinates = [-23.5632387,-46.7233488]; // FFLCH - Geografia
var zoom = 30;

var map = L.map('map').setView(initialCoordinates, zoom);

L.tileLayer('http://{s}.tile.osm.org/{z}/{x}/{y}.png', {
  attribution: '&copy; Contribuidores do <a href="http://osm.org/copyright">OpenStreetMap</a>'
}).addTo(map);

var placeCoordinates = [-23.5632387,-46.7233488];
var placeName = "Departamento de Geografia";
L.marker(placeCoordinates).addTo(map)
  .bindPopup(placeName)
```

Figura 5: Código para mapa a partir de Javascript. (MIRANDA, 2020)

Por ser um serviço web, ele não carrega em si somente o código acima, mas dado que o nosso foco é a demonstração da linguagem, só utilizaremos a parte em javascript porque é suficiente à compreensão e reforço da potencialidade e proximidade de algumas forma sintáticas das linguagens. Como o Leaflet é uma biblioteca do Javascript, pode-se utilizar seu serviço sem a necessidade do Folium (python). O primeiro passo foi o de criação de uma variável que carrega em si as coordenadas da localização do departamento de geografia, texto que pode-se ver ao lado na forma de comentário (texto que não afeta o código e serve como anotação). Em seguida criou-se a variável responsável pelo zoom na área em questão. Após isso, cria-se nossa variável “map”, responsável por abrigar a partir do leaflet, representado pelo “L.”, a categoria de mapa que terá em sua visualização as informações base das variáveis acima: uma determinada localização e um determinado zoom. Como se está usando diretamente o serviço Leaflet, coloca-se por padrão a “tileLayer” que é a camada de referência da licença que se está usando. Tal como em Python, fecha-se adicionando à variável map.

Em seguida lida-se com o marcador na forma de atribuição das suas coordenadas e ao nome do lugar. Adiciona-se então a variável correspondente ao marcador ao mapa e liga-se o texto com o nome do lugar na forma de um pop-up (caixa que aparece ao ser clicado). O exercício do código em javascript parece de início mais complexo dado o seu uso intensivo de variáveis, mas o javascript oferece mais suporte e comunidade para se colocar esses serviços focados em sites e aplicativos, de modo a que uma parte expressiva dos dados relativos ao coronavírus sejam representados dessa maneira.

2.3. R e sua comunidade

A última linguagem apresentada é o R. Sua ordem de aparição se dá justamente porque é hoje a mais utilizada nos projetos considerados de fronteira para o envolvimento direto e indireto da ciência geográfica e a que abriga uma das ferramentas mais prolíficas do universo de possibilidades da produção cartográfica

brasileira. Haverá a demonstração da construção de um código nessa linguagem mas o projeto será diferente. Isso se dá em primeiro lugar porque os serviços de utilização do R são muito mais voltados às práticas estáticas (ou seja, sem atualização de bancos de dados em tempo real), dado que muitas delas estão vinculadas a pesquisas em materiais analógicos (papers, teses, etc). Construir-se-á um mapa com a divisão de municípios do Estado de São Paulo com base nos dados do IBGE de 2010, de modo a demonstrar como o pacote, ou biblioteca, GeoBR é importante e pode possuir impacto na produção geográfica brasileira.

O R foi desenvolvido no ano de 1993 por Ross Ihaka e Robert Gentleman, cientistas da área de estatística na Universidade de Auckland, Nova Zelândia. Sua formação se deu e é bastante vinculada até hoje ao tratamento de dados em pequenas ou maiores quantidades, possuindo um número expressivo de pacotes vinculados à visualização de dados, contando então com um grande arsenal voltado à cartografia. (UFRGS, 2013)

Municípios de São Paulo, 2010

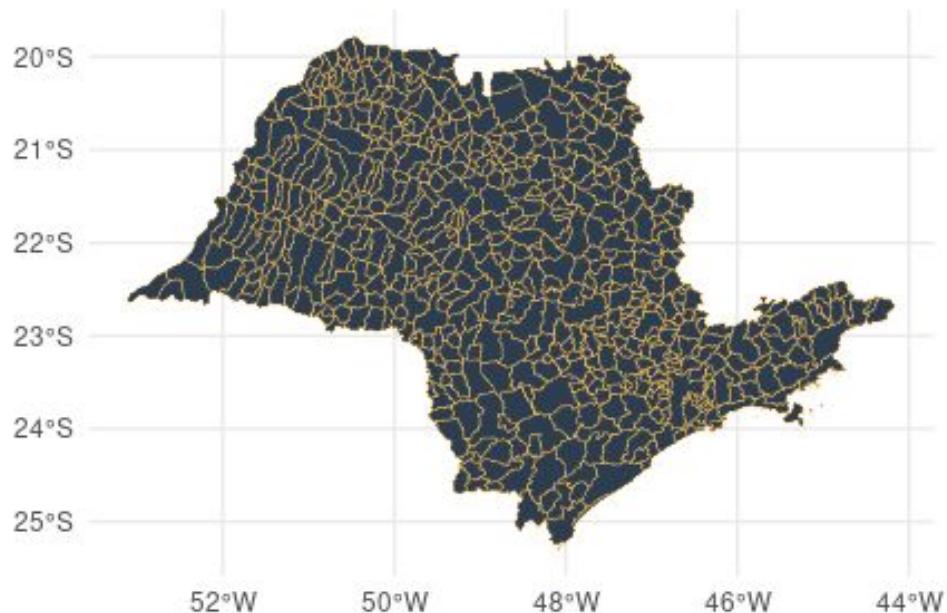


Figura 5: Municípios de São Paulo (MIRANDA, 2020)

O mapa gerado acima foi feito a partir do pacote GeoBR, voltado ao download de bases de dado cartográficas do país. Ele oferece também uma diversidade de anos para os dados e possibilidade de valer-se de diferentes projeções e topologias disponíveis. Tanto esse último mapa quanto os outros do ponto de vista de produção cartográfica em si apresentam falhas relativas à falta de elementos elementos como a escala, norte, etc, mas foram dadas de modo proposital porque a construção de código que as também contemplasse tenderia a dificultar a curva inicial de olhar sobre os mapas e estenderia sua explicação a um nível que não é o de interesse dessa exposição. Nesse sentido, optou-se por demonstrar a diversidade de uso de informações de forma mais básica e também que pudesse contemplar um olhar mais diverso que não só o da produção acadêmica estrita.

```
install.packages("geobr")
install.packages("ggplot2")

library(ggplot2)
library(geobr)
require("ggplot2")
require("geobr")

all_muni <- read_municipality( code_muni = "SP", year= 2010)

ggplot() +
  geom_sf(data=all_muni, fill="#2D3E50", color="#FEBF57", size=.15, show.legend =
  FALSE) +
  labs(subtitle="Municípios de São Paulo, 2010", size=8) +
  theme_minimal()
```

Figura 6: Código do mapa dos municípios de São Paulo, 2010.

O primeiro passo na linguagem R é o de instalar o pacote em questão através de um comando bastante intuitivo. Após isso, instala-se também outra biblioteca voltada à visualização de dados, o `ggplot`⁶. Em seguida temos de buscar em nossa base de bibliotecas os dois pacotes baixados, seguidos de seu requerimento. Assim então podemos criar um objeto chamado “`all_muni`” que irá conter os dados de municípios com a sigla SP no ano de 2010. É notável como em apenas uma linha de código, sem a busca exaustiva em bancos de dados externos trazendo tudo de excel para outra ferramenta, pode-se ter os dados no formato de tabela. A partir disso pode-se tratar a tabela com o `ggplot` a partir da função “`geom_sf`” que nos permite plotar o mapa sem a necessidade de latitude e longitude ou realizar grandes transformações nos dados. Coloca-se então uma cor de fundo com o código em questão e outra para marcar as linhas de fronteiras. Ajusta-se também o tamanho da fonte e a retirada de legendas abaixo do mapa. Dentro dos dados pode-se então colocá-la na forma de título com um determinado tamanho de fonte. Reside aí um potencial imenso para uso intensivo das ferramentas por quem já detém o repertório de avaliação dos dados já tratados.

Voltando ao pacote, seu desenvolvimento se deu a partir de pesquisadores do IPEA que buscavam facilitar o acesso a dados de shape files do IBGE, produto com o qual os geógrafos, seja em sua formação nas disciplinas ou no exercício do trabalho em agências, trabalham de modo exaustivo. Essa ferramenta associada às linguagens R e Python potencializou de modo efetivo a produção de mapas e outras formas de representação espacial, sendo ela a base para o mapa acima. Um dos pesquisadores que liderou o desenvolvimento foi Rafael Pereira, Doutor em geografia dos transportes pela Universidade de Oxford, que trabalha ativamente com questões vinculadas às problemáticas Urbanas, especialmente tratando de desigualdade e acesso à oportunidades. (PEREIRA, 2019)

Outras figuras que também exercem o papel na comunidade R de fronteira e expansão de produção acadêmica são as que formam o Geocast Brasil, projeto voltado

⁶ GGPLOT2. Documentação. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org/>. Acesso em: 02/08/2020.

à discussão e ensino de ferramentas geotecnológicas. Esse grupo mantém em seu canal do youtube uma quantidade expressiva de aulas com tutoriais de uso do R, inclusive a partir do pacote geoBR, para formação de pessoas que se interessem por pesquisa e trabalho com dados, especialmente os vinculados às geociências. Assim sendo, a participação cada vez maior de pesquisadores desde a graduação ao doutorado engajados no compartilhamento de conhecimento vinculado à programação permite acesso e possibilidades crescentes à toda a comunidade acadêmica, tanto em pesquisas como em posição de colocação no trabalho, posto que esses conhecimentos são cada vez mais desejados para a disputa de vagas de estágio ou ao sair da universidade.

Esse capítulo então transitou dos primeiros problemas do aprendizado de computação à transmissão de como as linguagens são usadas e sua demonstração de comportamento com vistas a não só possibilitar o primeiro contato a possíveis leitores como reforçar o papel fundamental de seu domínio para a realização de trabalhos acadêmicos potentes e condizentes como o estado tecnológico apresentado na era do WebMapping inteligente. Além disso, exemplificou-se a partir das próprias ferramentas de construção dos mapas o papel da comunidade de interface com a geografia, o que contribui para se delinear o estado da arte dessa produção ainda pouco vigorosa na geografia brasileira. O próximo capítulo contará com a abordagem bibliométrica para visualizar como se dá a consolidação disso no quadro internacional.

3. A PRODUÇÃO ACADÊMICA: MÉTODO

A partir do percurso histórico de dinâmicas que conectam a cartografia e a programação junto a suas principais ferramentas e atores de fronteira no país, pode-se realizar com mais acurácia o processo de avaliação do Estado da Arte na forma de produção acadêmica de artigos desse cenário. Realizar esse exercício pode ter a característica primária de se concretizar pela via de caráter narrativo. Escolhe-se determinados artigos e conta-se a partir deles as impressões gerais do pesquisador em

sua leitura. Porém, a fim de se obter a maior acurácia do processo e se representar de modo mais efetivo e coerente as informações de uma área não muito bem delimitada e, portanto, com participações das mais diversas formações de pesquisadores, optou-se metodologicamente pela revisão bibliográfica sistemática. Adotar esse caminho de condução da exposição exige do trabalho o respeito a determinados pontos de chegada com vistas a se ter a maior efetividade na análise.

Este capítulo tratará de expor o método adotado, explicá-lo e conduzir a linha de raciocínio a partir do início da pesquisa ao tratamento final da amostra.

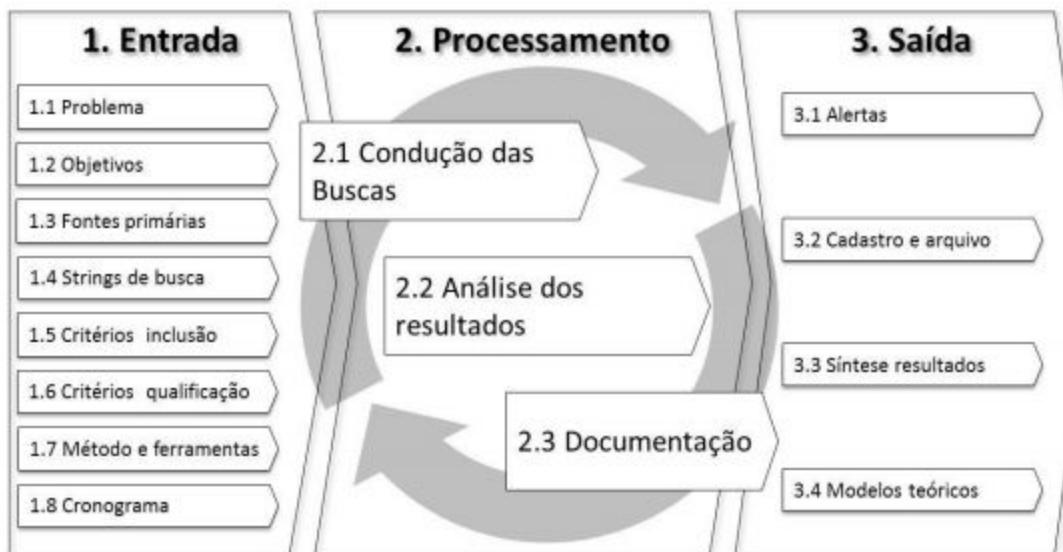


Figura 7: Modelo para condução da revisão bibliográfica sistemática – RBS Roadmap. (CONFORTO, 2011)

A primeira etapa do processo envolve a entrada de dados para avaliação, iniciando-se por meio da definição do problema, circunscrição dos objetivos e tomada das fontes primárias. Em seguida se vai para a definição das strings de busca que envolvem o uso de operadores como *<or>* e *<and>* na barra de pesquisa da base de dados em questão para se verificar quais as melhores opções de aparição dos conteúdos. Os primeiros resultados podem ser filtrados a partir dos critérios de inclusão

que envolvem diretamente à problemática do tema que se está tratando; ou seja, deve-se procurar artigos correspondentes à forma como se quer enxergar o problema. Critérios de qualificação estão vinculados às questões metodológicas da pesquisa. Métodos e ferramentas dizem respeito a como se vai definir filtros de busca, armazenamento dos resultados, etc. Por fim, tem-se um cronograma de execução das tarefas. Dado o seu caráter iterativo (envolvido por ciclos de pesquisa), tem-se a documentação dos resultados e em seguida parte-se para a saída que envolve alertas como a inscrição em newsletters do serviço utilizado, além da reunião dos resultados e o estabelecimento de modelos teóricos para sua avaliação. (CONFORTO, 2011)

3.1. Os primeiros passos

3.1.1. A definição do problema

O problema central que essa parte da pesquisa procura responder é: qual é a forma geral de trabalho com as ferramentas de programação para a produção cartográfica nos artigos produzidos nos últimos dois anos?

3.1.2. Objetivos

- Demonstrar a espacialização da produção
- Entender quais são as principais áreas que dialogam com o tema
- Explicitar a forma da presença das ferramentas de programação
- Detalhar narrativamente a produção de uma fração da amostra

3.1.3. Fontes primárias

Há artigos já trabalhados durante essa pesquisa e que forjam um excelente alicerce ao início do trabalho como a discussão de Web Mapping trazida por (NEUMAN, 2008), as formas de diálogo para a atualidade da tecnologia (MATNEY, 2019) GIS na Intelligent Web Mapping Era e a reflexão acerca das dificuldades de ensino de tecnologias para estudantes de geografia feitas por (MULLER, KIDD, 2014). Além disso, há a contribuição de estudos de desigualdade e mobilidade urbana promovidas por (PEREIRA, 2020).

3.2. O primeiro ciclo

Os primeiros testes de captura de artigos circunscritos aos objetivos contaram com a pesquisa no banco de dados Web of Science. Ele é um serviço que permite agregar diversas assinaturas de bancos de dados e consequentemente obter um arsenal acadêmico mais potente para avaliar os artigos.⁷

3.2.1. Strings de busca

A primeira string utilizada foi: (“geography”) AND (“programming cartography” OR “programming languages cartography”) no intervalo de 2019 a 2020 e teve 44 registros.

⁷ CLARIVATE. Web of Science. Disponível em:
<https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science/> . Acesso em: 01/08/2020



Figura 8: Distribuição dos registros para a primeira string pesquisada. (WEB OF SCIENCE, 2020)

3.2.2. Critérios de inclusão

A abordagem de olhar para os artigos no que tange aos critérios de inclusão foi a presença dos termos geografia, programação e cartografia dentro do título ou do resumo de cada produção.

3.2.3. Critérios de qualificação

Do ponto de vista de critério de inclusão tentou se estabelecer aqueles que fizessem apelo a algum método de análise espacial e também que tivessem o maior impacto dentro de suas próprias áreas com vistas a estarem mais sujeitos à revisão por pares e discussão internacional.

3.2.4. Processamento

A primeira filtragem sobre os títulos selecionados se deu através da seleção de somente artigos publicados, reduzindo-os para 36. Porém, dentro do que se verificou nos títulos e formas de aparição dos termos no título e resumo houve uma redução para apenas três artigos. Nesse sentido, optou-se por rever as strings e os critérios inclusão.

3.3. O segundo ciclo

3.3.1. Strings de busca

A segunda string utilizada foi: (“geography”) AND (“spatial distribution”) no intervalo de 2019 a 2020 e teve 346 registros. Essa forma de orientação se dá por conta da presença de formas de interação com programação bastante presentes na visualização de dados como os próprios mapas e também no tratamento de tabelas verificados em (MATNEY, 2019), (MULLER, KIDD, 2014) e (PEREIRA, 2020). A hipótese é que essas formas contenham em si a maior participação dessas ferramentas e não a discussão de aprendizado de cartografia ou menção direta a elas numa discussão de sua função como a que se propõe essa pesquisa.

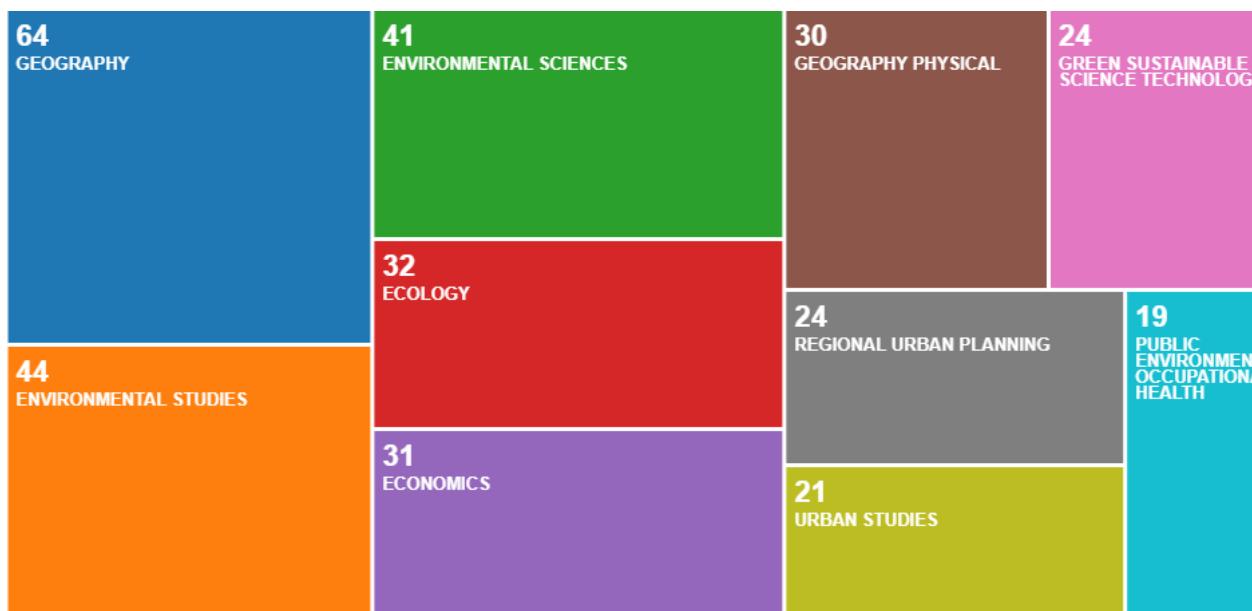


Figura 9: Distribuição dos registros para a segunda string pesquisada. (WEB OF SCIENCE, 2020)

3.3.2. Critérios de inclusão

A abordagem de olhar para os artigos no que tange aos critérios de inclusão foi a presença dos termos cartografia e espaço tanto nos títulos quanto no resumo dos artigos

3.3.3. Critérios de qualificação

Do ponto de vista de critério de inclusão tentou se estabelecer aqueles que fizessem apelo a algum método de análise espacial e também que tivessem o maior impacto dentro de suas próprias áreas com vistas a estarem mais sujeitos à revisão por pares e discussão internacional.

3.3.4. Processamento

A primeira filtragem sobre os títulos selecionados se deu através da seleção de somente artigos publicados, reduzindo-os para 324. Dessa vez se viu uma presença mais expressiva na forma de permanência, sendo 285 registros tanto da presença no título quanto no resumo do artigo. A fim de se realizar mais um filtro, optou-se por selecionar apenas as dez primeiras áreas com maior número de artigos, reduzindo a amostra para 209 registros.

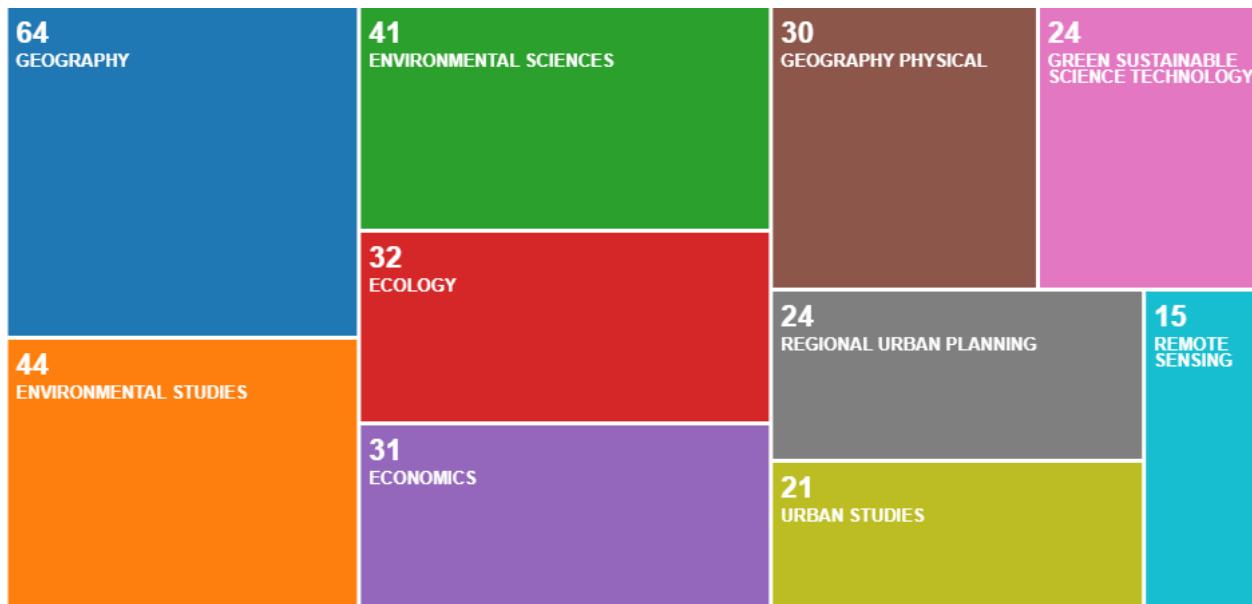


Figura 10: Distribuição dos registros para as dez maiores áreas. (WEB OF SCIENCE, 2020)

A partir desse grupo pode-se fazer o cálculo amostral e com um intervalo de confiança de 95% e um erro amostral de 5% reduzir esse número para 132 artigos. Com essa amostra pode-se começar a tratar mais os dados extraídos no formato de

tabela e se obter assim as informações que desejamos para os nosso objetivos. O próximo capítulo tratará justamente de desenvolver esses processos e ancorar reflexões em cada um dele para se constituir a síntese de resultados e terminar o quadro de desenho do Estado da Arte da produção de interface entre cartografia e programação.

4. O ESTADO DA ARTE

Neste capítulo trataremos de elencar em primeiro lugar, através de histogramas a distribuição espacial da produção capturada em nossa amostra com sua devida representação dos principais centros de pesquisa e sua localização, além de compreender quais são as principais universidades envolvidas. Após isso, haverá a apresentação das principais áreas de diálogo dentro do campo de debate através da representação de frequência nos artigos. Também trataremos de usar a avaliação da aplicação das ferramentas em artigos selecionados a fim de constituir o maior apporte de cenário prático de sua produção. Por fim, tecer-se-á comentários acerca da síntese de resultados obtidos, permitindo assim a finalização do quadro de desenho do Estado da Arte da produção cartográfica em sua interface com a programação.

4.1. Distribuição espacial

O primeiro passo para se delinear melhor os resultados da amostra diz respeito a espacializar a origem das pesquisas. Nota-se de início que a maior presença em quantidade de produção se dá justamente entre EUA e China, seguido da Inglaterra e também com expressiva participação brasileira no processo. Espanha, Austrália,

França e Espanha também compõe os oitos principais países nos quais se produz artigos voltados à área de geografia e distribuição espacial.

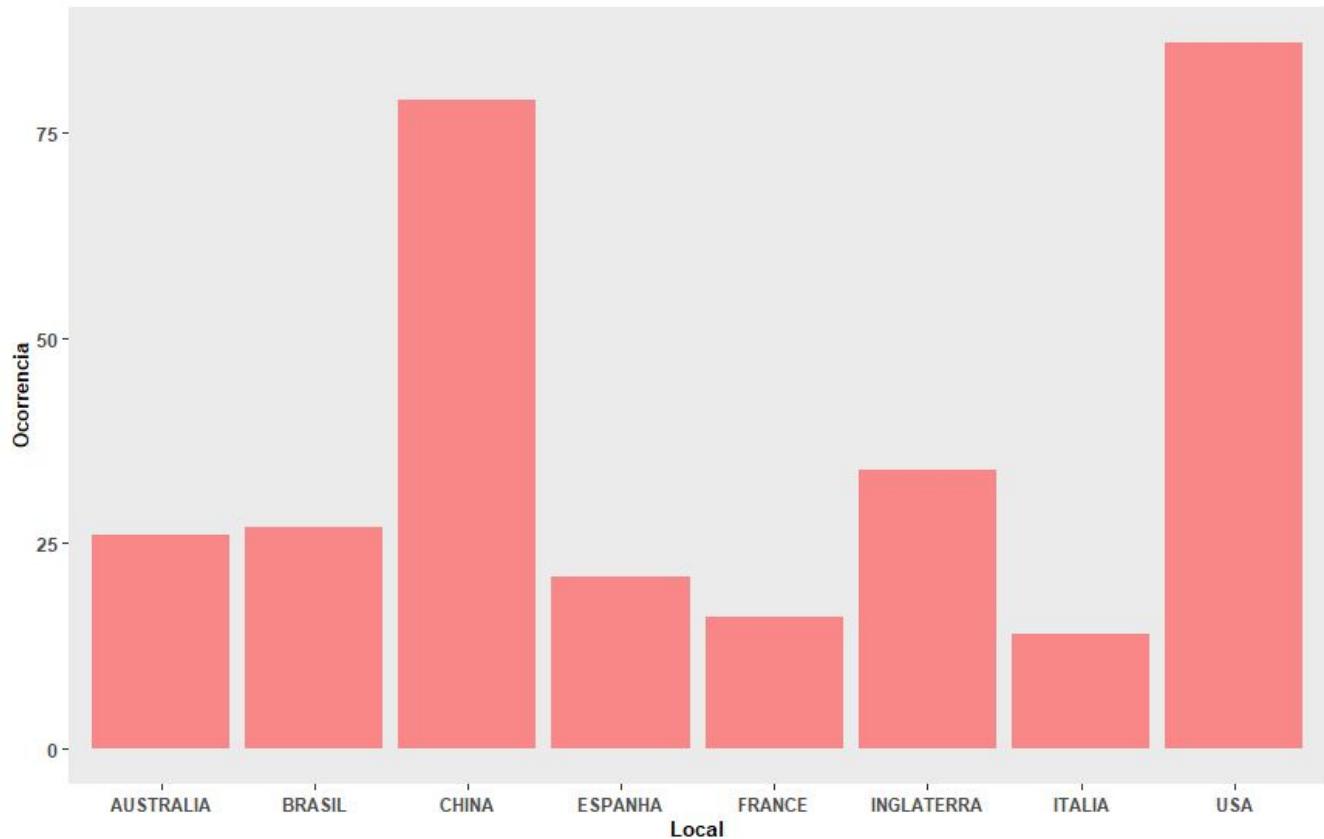


Figura 11: Produção de artigos por país de origem. (MIRANDA, 2020)

No quadro de maiores centros universitários indutores dessa produção destaca-se a Academia Chinesa de Ciências com 18 publicações. Entre as produções dessa universidade universidade destacam-se as de caráter demográfico para a discussão de formas de aglomeração urbana e também como espalhamento de doenças em grandes aglomerações de centros urbanos. Segue-se aí a participação expressiva da Universidade de São Paulo que carrega em suas produções majoritariamente a questão de comportamento de doenças e sua distribuição espacial

e também a questão ambiental para a preservação de remanescentes florestais. A cidade de Wuhan, foco mais alarmante das primeiras identificações de COVID, apresentou até o momento de cobertura da amostra (agosto, 2020), para as strings pesquisadas, produções vinculadas a questões urbanas de uso da terra e também discussões acerca de sua potencialidade a modelos de aglomeração urbana.

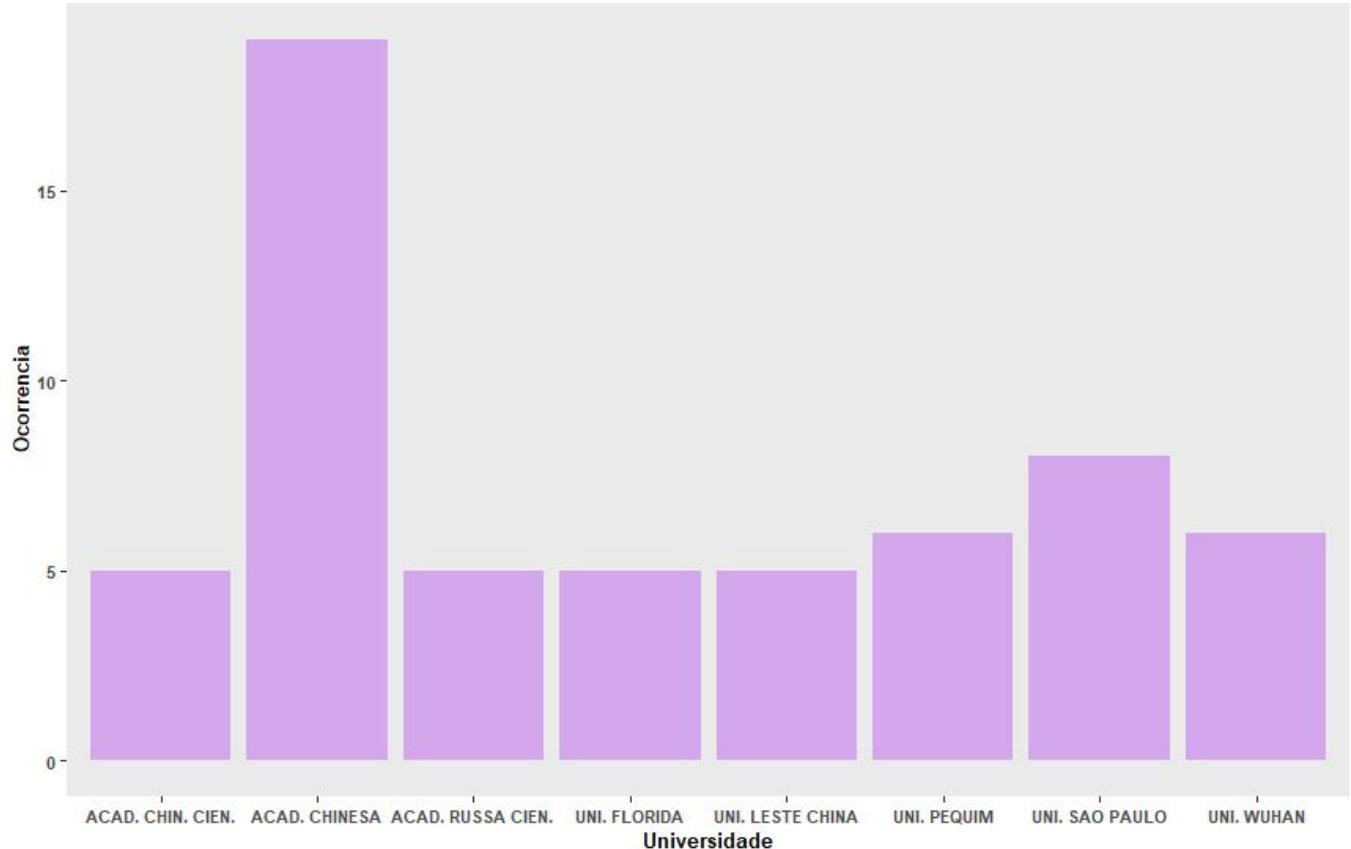


Figura 12: Produção de artigos por centro de pesquisa. (MIRANDA, 2020)

4.2. Áreas de diálogo

A principal área de diálogo em nossa amostra diz respeito primeiramente a própria ciência geográfica em seu caráter mais restrito e também institucional. Essa abordagem dentro da geografia se dá mais nos artigos de maior impacto (citação) por

meio de três subáreas: estudos urbanos, ecologia e geografia econômica. As duas áreas seguintes são as ciências ambientais e estudos ambientais. O Web of Knowledge, definidor metodológico de divisão das áreas do banco de dados do Web of Science, considera que

Estudos Ambientais, Geografia e Desenvolvimento incluem recursos que examinam a relação entre os humanos e o meio ambiente, tanto naturais quanto fabricados. Os assuntos abordados incluem comportamento ambiental, estudos de lazer, turismo, estudos regionais, planejamento urbano, geografia humana e política, cartografia, desenvolvimento de recursos, gestão de desastres e mudança cultural.⁸

Percebe-se que grande parte da amostra já carrega em si o fator de área de interface para o trabalho com métodos que envolvam representação de dados e consequentemente ferramentas de programação, o que reforça a necessidade de encontro do quadro brasileiro com a formação proposta a isso, com vistas a se ter maior contato com a fronteira da ciência. Outra área importante e impactante são os estudos econômicos que encontram grande apelo ao uso de linguagens como o R em centros de ensino desde os primeiros semestres, sendo até mesmo a forma de remodelação de determinadas graduações. A geografia física, aqui destituída da focalização em fenômenos de ordem não natural, tem um papel importante para a consideração da produção acadêmica em fenômenos espaciais e está justamente dentro da cartografia a forma de síntese desses estudos em que se consolida num mapa a caracterização e detalhamento do contexto abordado. Logo em seguida vem a ecologia como presença especialmente vinculada aos estudos biogeográficos em seu encontro com a geografia. Considera-se também importantes a presença do conjunto de estudos urbanos e de planejamento territorial que carregam em si uma grande quantidade de dados a partir das aplicações discutidas como aplicativos de caronas e, portanto, mostra-se como área bastante interessante à aplicação e presença de geógrafos.

⁸ CLARIVATE. Help Center - Environmental Studies, Geography & Development. Disponível em: <https://mjl.clarivate.com/help-center>. Acesso em: 01/08/2020.

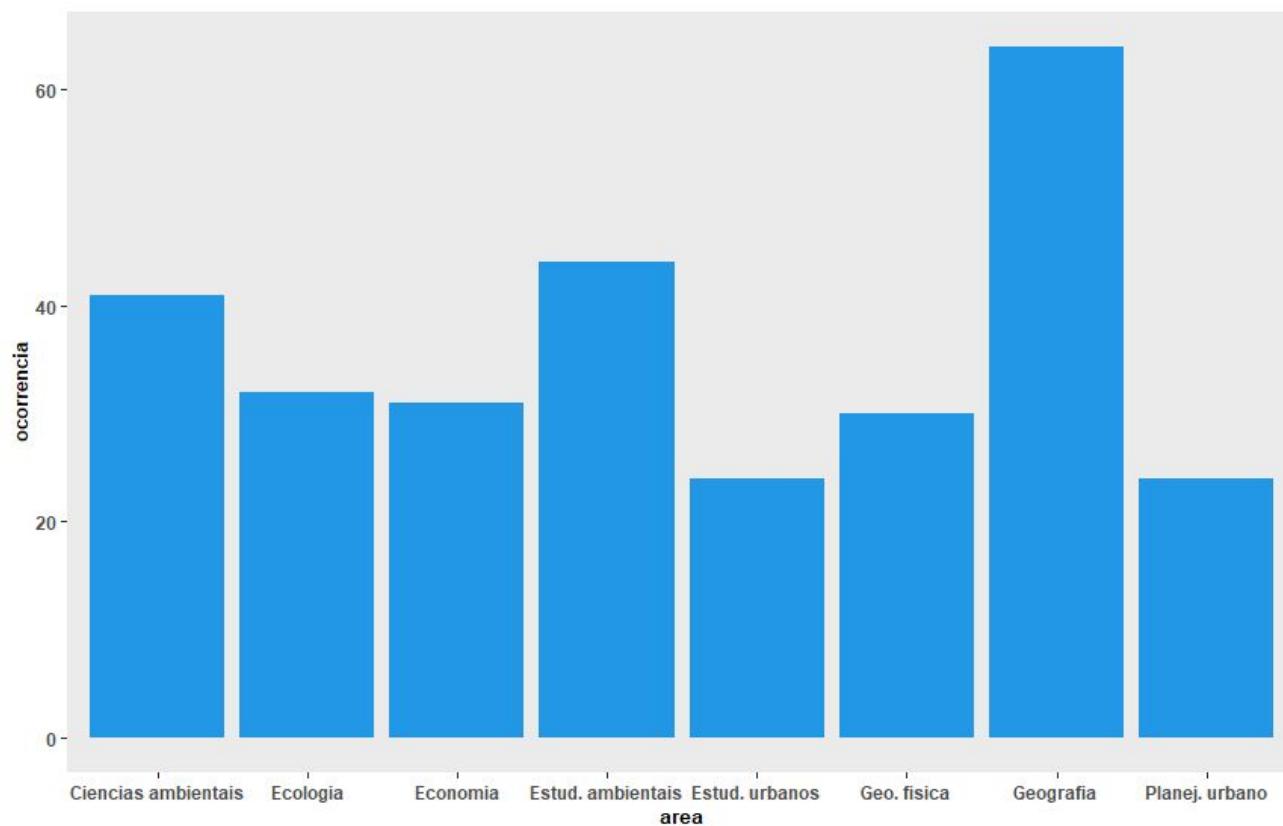


Figura 13: Produção de artigos por área de pesquisa. (MIRANDA, 2020)

4.3. Aplicação

Para o entendimento mais específico da condução de trabalhos dentro do grupo amostral mostrado pode-se relatar a condução de alguns artigos que mais se caracterizam com o tema proposto. Escolheu-se a amostra em questão a partir da verificação de presença de representações de ordem visual como produção cartográfica e também a partir de modelos matemáticos e tratamentos de dados que são comumente utilizados na linguagem de programação R. A verificação desses passos se dá em consonância com o teste de hipótese acerca da visualização de dados na forma de mapa e seu tratamento como vetor da potencialidade de introdução

e presença da programação nesses artigos. Foram selecionados cinco artigos a partir de seu maior impacto dentro das sub-áreas de meio ambiente, estudos urbanos e geografia econômica.

4.3.1. Detalhamento de aplicação

O primeiro artigo lido trata da modelagem de oceanos, mais especificamente do entendimento do poder de marés internas, a fim de produzir seu mapeamento. (LAVERGNE, 2019) Isso foi feito a partir da observação global de estratificações climáticas seguidas da geração de mapas de forças de dissipação do fenômeno estudado e sua consequente modelagem.

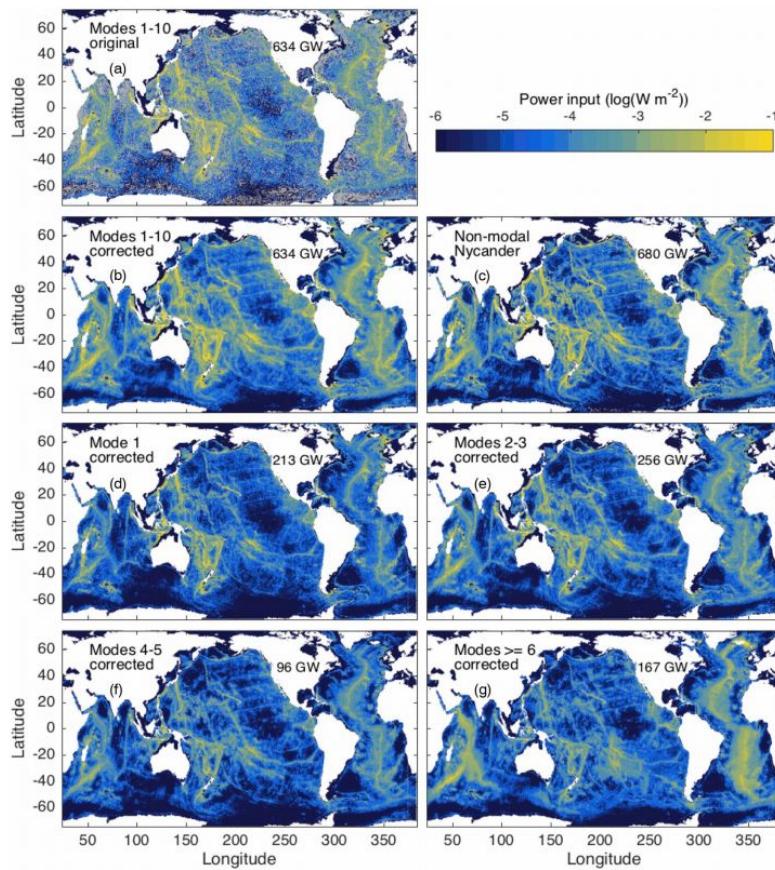


Figura 14: Mapas de representação do fenômeno com diferentes variáveis. (LAVERGNE, 2019)

É interessante se observar que tanto a representação cartográfica quanto o tratamento de dados obtidos a partir de bancos com medições horárias e diárias pode ser feito dentro da linguagem de programação R, de modo a se constituir um projeto só a partir de um arquivo de código, permitindo assim, tal como a formação de uma monografia, a geração de mídias para trabalho. Esse trabalho é repleto de representações visuais que vão desde os mapas à histogramas e regressões lineares, fornecendo a quem necessita um arsenal de ferramentas específicas para cada uma dessas tarefas na forma de pacotes do R ou bibliotecas de Python e Javascript. Suas principais interfaces se dão com a geologia, geografia e a própria oceanografia.

A segunda produção de artigo orbita os temas de economia e política, mais especificamente do entendimento de como a ajuda financeira chinesa aos países africanos gera captura política e uma rede de incentivos nas disputas eleitorais. (DREHER) Eles realizam esse estudo a partir do cruzamento de dados referentes a locais de nascimento de lideranças africanas com os de áreas nas quais o Estado Chinês investiu em projetos de desenvolvimento e verificam a partir disso que são justamente esse locais os que receberam a maior parte dos recursos, tendendo a reforçar grupos políticos mais consolidados. Gerou-se assim dois mapas: o primeiro contém as informações de escala de investimentos realizados no continente e o segundo espacializa as áreas de nascimento de lideranças. A análise econométrica verifica que além disso os investimentos do Banco Mundial nas regiões é bem menos enviesado que o dos chineses por conta da captura de recursos, com exemplos empíricos de escolas com grandes infraestrutura em regiões de condições paupérrimas à maioria da população. Novamente, vê-se tanto o caráter de tratamento de dados, quanto o de aplicação de modelos e geração de mapas que pode e é realizado a partir da linguagem R. As principais interfaces do trabalhos dizem respeito à ciência econômica, geografia e ciência política.

Segue-se a avaliação com o artigo que se vale do framework de econometria espacial para avaliar tipos de investimento dentro do incremento das estruturas industriais chinesas no período de 1998 a 2015. (WANG, 2019) A partir de uma análise de dados espaciais e modelos SIG conduziu-se correlações entre o mercado de capitais e o incremento da estrutura industrial e também seus efeitos em submercados da cadeia produtiva. Metodologicamente o artigo se constrói a partir de estatística espacial para inferência de modelos que possibilitem avançar com a avaliação por meio do controle de variáveis como nível de capital humano, progresso tecnológico, etc. A partir do tratamento desses dados pode-se apresentar mapas que dividiam as regiões numa escala de cores representando maior ou menor correlação entre os fatores. Nesse sentido, verifica-se novamente o uso de ferramentas de programação aliadas à interface com a ciência geográfica para a produção de cartografia, além da econometria espacial.

Ainda no estrelo da relação entre geografia e cartografia há o artigo responsável por avaliar, através de dados espaciais traduzidos para linguagens de programação, se economias de aglomeração derivam de especialização, diversidade ou se o fator de aglomeração por si só já é o suficiente. (ANDERSSON, 2019) Nesse sentido, busca-se avaliar como as estruturas urbanas influenciam na produtividade das empresas. Baseados em modelos econométricos de produtividade, verificam-se as correlações entre a densidade de concentração industrial por bairros e o mercado de trabalho da região. Além disso, usam-se métricas como a produtividade total dos fatores e a especialização de cada bairro para se incrementar a análise de variáveis e com isso consegue-se estimar quais são os valores e o quanto influenciam na produtividade.

Por meio da demonstração de espacialidade de concentração industrial dos bairros e o trabalho com modelos conseguiu-se estimar a influência de efeitos positivos de concentração populacional em um bairro e produtividade, além de outros serviços de atendimento geral à população beneficiarem as empresas como um todo. Vê-se

ainda mais uma característica que corrobora o quadro geral de avaliação dos artigos que se usou na amostra.

Por fim, escolheu-se dentre os artigos de maior impacto o trabalho bibliométrico de avaliação da evolução da geografia econômica. (ZHU, 2019) Através do uso do Web of Science, tentou-se mapear a trajetória de ligação entre autores, periódicos e grandes centros de pesquisa para o tema de modo a melhor demonstrá-lo visualmente. A distribuição espacial foi um fator de importância aliado à expressiva representação de dados na forma de mapas, histogramas e tabelas.

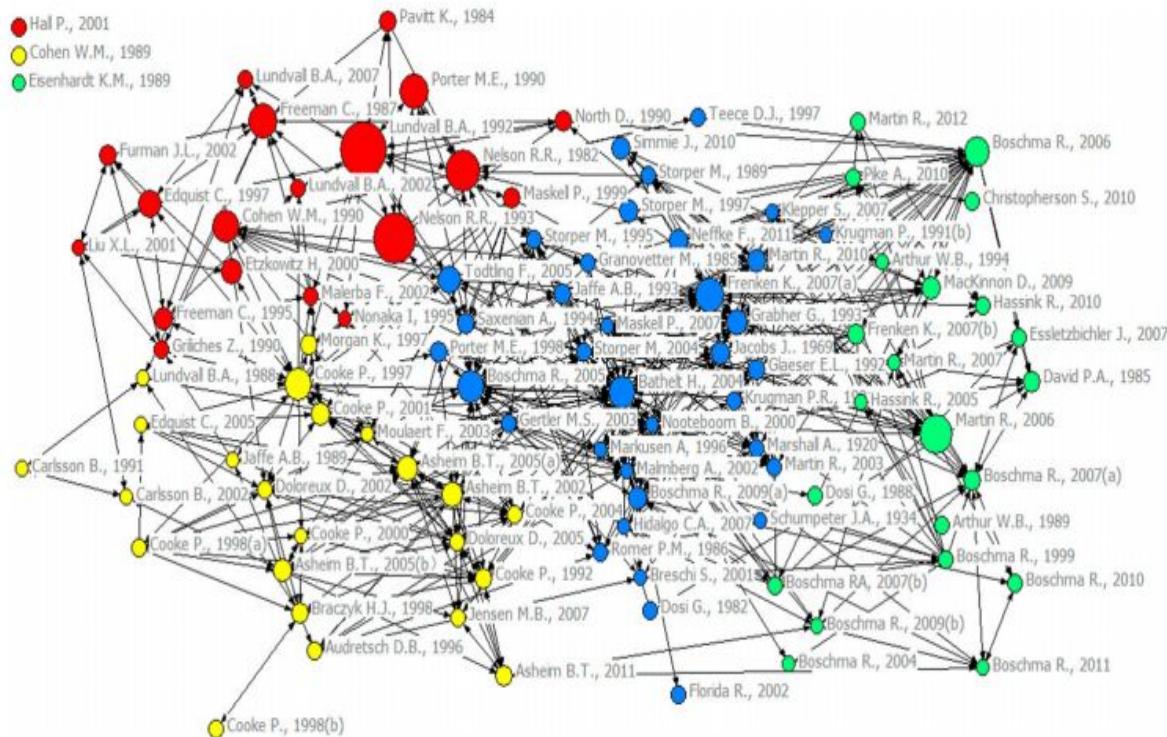


Figura 15: Articulação de co-citações dentro da rede de geografia econômica. (ZHU, 2019)

Verifica-se nesse artigo como dentro da própria geografia econômica o impacto das linguagens de programação para a representação tanto do mapa em si quanto de tratamento e visualização dos dados é importante.

5. Considerações Finais

O trabalho de desenho do Estado da Arte de determinada área implica muitas vezes em não se ter referenciais estabelecidos para o trabalho com as fontes, especialmente tratando-se de algo que é pouco debatido no Brasil enquanto forma de conhecimento de grades curriculares nos cursos. A primeira questão a se destacar é que contraintuitivamente a produção dada pela ciência da computação no âmbito da cartografia foi muito mais tardia e menor catalisada do ponto de vista institucional do que a produção geográfica dentro das tecnologias GIS até a década de 1990.

Identificou-se que a partir da revolução do WebMapping conseguiu-se não só inverter o quadro de escala de produção quanto se pode democratizar o fazer cartográfico, ainda que não aprofundado em seus conceitos, para o público geral. Nesse sentido, essa parte da história que hoje domina materialmente o cotidiano é totalmente presente na produção acadêmica de fronteira tanto dentro da ciência quanto em sua interface com outras áreas.

Outro fator importante a se destacar dentro da pesquisa é o de que há sim a produção e contribuição brasileiras com o uso dessas ferramentas aliadas às iniciativas inovadoras de ensino e profissionalização dos geógrafos por meio de videoaulas e montagem de pacotes para as linguagens trabalhadas. Além disso, pode-se observar que a área que consegue aglutinar a maior janela de interface é a da análise espacial, posto que tanto se faz como conceito central à ciência geográfica quanto permite e desafia os pesquisadores de outras áreas a entenderem fenômenos que precisam do tratamento e visualização de dados complexos que dizem respeito às parcelas muitas vezes vistas como distantes nos campos do conhecimento.

A representação cartográfica como forma de apreensão e síntese de fenômenos está cada vez mais forte e presente tanto na academia quanto no mercado e se mostra para os geógrafos tanto já integrados como em estágios iniciais de aprendizado que as ferramentas de programação ajudam a formar o alicerce definidor de quem se propõe a fazer pesquisa de impacto e melhor promover a integração científica.

6. Referências Bibliográficas

ANDERSSON, Martin; LARSSON, Johan P.; WERNBERG, Joakim. The economic microgeography of diversity and specialization externalities–firm-level evidence from Swedish cities. *Research Policy*, v. 48, n. 6, p. 1385-1398, 2019.

ARCHELA, Rosely Sampaio. Análise da cartografia brasileira: bibliografia da cartografia na geografia no período de 1935-1997. 2000. Tese de Doutorado.

BOWLICK, Forrest J.; GOLDBERG, Daniel W.; BEDNARZ, Sarah Witham. Computer science and programming courses in geography departments in the United States. *The Professional Geographer*, v. 69, n. 1, p. 138-150, 2017.

DE LAVERGNE, Casimir et al. Toward global maps of internal tide energy sinks. *Ocean Modelling*, v. 137, p. 52-75, 2019.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, José Simeão de. Representações computacionais do espaço: um diálogo entre a geografia e a ciência da geoinformação. São José dos Campos: DPI-INPE, 2002.

Catherine L. Muller & Chris Kidd (2014) Debugging geographers: teaching programming to non-computer scientists, *Journal of Geography in Higher Education*, 38:2, 175-192.

CHRISTOFOLLETTI, Antônio. Modelagem de sistemas ambientais. Editora Blucher, 1999.

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, SL da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. Trabalho apresentado, n. 8, 2011.

DREHER, Axel et al. African leaders and the geography of China's foreign assistance. *Journal of Development Economics*, v. 140, p. 44-71, 2019.

MATNEY, Jason Andrew et al. Emerging Computing Trends, Web GIS Tools, and Forecasting Methods for Geospatial Environmental Decision Support in Service of Complex Land Management Challenges. 2019.

MERALI, Zeeya. Error: why scientific programming does not compute. *Nature*, v. 467, n. 7317, p. 775-777, 2010.

NEUMANN, Andreas; WINTER, André M.; ATLAS, Tirol. Webmapping with Scalable Vector Graphics (SVG): Delivering the promise of high quality and interactive web maps. In: *Maps and the Internet*. Elsevier Science, 2003. p. 197-220.

PEREIRA, Rafael HM et al. Distributional effects of transport policies on inequalities in access to opportunities in Rio de Janeiro. *Journal of Transport and Land Use*, v. 12, n. 1, p. 741-764, 2019.

TOBLER, Waldo. The development of analytical cartography: A personal note. *Cartography and Geographic Information Science*, v. 27, n. 3, p. 189-194, 2000.

UFRGS. História do R. 2013.

WATERS, Nigel. GIS: history. International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology, p. 1-13, 2016.

WANG, Chao et al. Industrial structure upgrading and the impact of the capital market from 1998 to 2015: A spatial econometric analysis in Chinese regions. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, v. 513, p. 189-201, 2019.

WEI, Shaojun. *Reconfigurable Computing -- Evolution of Neumann Architecture*. Tsinghua University, 2010.

ZHU, Shengjun; JIN, Wenwan; HE, Canfei. On evolutionary economic geography: A literature review using bibliometric analysis. *European Planning Studies*, v. 27, n. 4, p. 639-660, 2019.