



RICARDO ARCANJO DE LIMA

**ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DAS PRÁTICAS CIENTÍFICAS NA ÁREA DE
SOLOS**

Campinas

2012



NÚMERO: 278/2012
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

RICARDO ARCANJO DE LIMA

**ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DAS PRÁTICAS CIENTÍFICAS NA ÁREA DE
SOLOS**

TESE DE DOUTORADO APRESENTADA
AO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE DOUTOR EM POLÍTICA
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA.

ORIENTADORA: PROFA. DRA. LÉA MARIA. LEME STRINI. VELHO

COORIENTADOR: PROF. DR. LEANDRO I. L. DE FARIA

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO RICARDO ARCANJO
DE LIMA E ORIENTADO PELA PROFA. DRA LÉA MARIA
LEME STRINI VELHO**

CAMPINAS

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
CÁSSIA RAQUEL DA SILVA – CRB8/5752 – BIBLIOTECA “CONRADO PASCHOALE” DO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
UNICAMP

L628a Lima, Ricardo Arcanjo de, 1981-
Análise cientométrica das práticas científicas na área de
solos / Ricardo Arcanjo de Lima. - Campinas, SP. : [s.n.], 2012.

Orientador: Léa Maria Leme Strini Velho.
Coorientador: Leandro Innocentini Lopes de Faria
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas,
Instituto de Geociências.

1. Ciência do solo. 2. Bibliometria. 3. Cientometria. 4.
Base de dados. 5. Indicadores. I. Velho, Léa Maria Leme Strini,
1952- II. Faria, Leandro Innocentini Lopes de. III. Universidade
Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. IV. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

Título em inglês: Scientometric analysis of scientific practice in the area of soils.

Palavras-chaves em inglês:

Soil science

Bibliometrics

Scientometrics

Database

Indicators

Área de concentração: PC&T – Política Científica e Tecnológica

Titulação: Doutor em Política Científica e Tecnológica.

Banca examinadora:

Léa Maria Leme Strini Velho (Orientador)

Maria Cristina Guimarães

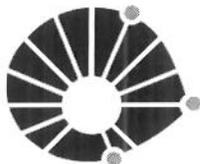
Maria Conceição da Costa

Maria de Cléofas Faggion Alencar

Maria Margaret Lopes

Data da defesa: 04-12-2012

Programa de Pós-graduação em: Política Científica e Tecnológica



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM
POLÍTICA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

AUTOR: Ricardo Arcanjo de Lima

“Análise Cientométrica das Práticas Científicas na Área de Solos”

ORIENTADORA: Profa. Dra. Léa Maria Leme Strini Velho

Aprovada em: 04/ 12 / 2012

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Léa Maria Leme Strini Velho

Léa Maria Leme Strini Velho Presidente

Profa. Dra. Maria Cristina Soares Guimarães

M. C. Soares Guimarães

Profa. Dra. Maria Margaret Lopes

Maria Margaret Lopes

Profa. Dra. Maria de Cleófas Faggion Alencar

M. de Cleófas Faggion Alencar

Profa. Dra. Maria Conceição da Costa.

M. C. da Costa

Campinas, 04 de dezembro de 2012

Para minha esposa, meus pais e irmãos, com amor e carinho.

*Para o minha avó Flauzina (in memorian), com amor e
a certeza de que vamos nos reencontrar um dia.*

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - pela concessão da bolsa que apoiou a realização desta Tese de Doutorado.

Á Professora Léa Velho, orientadora desta Tese, por me guiar nesta etapa de formação acadêmica e me inserir em seu grupo de pesquisa “Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia,” onde pude contar com seu apoio, paciência, exigência e amizade.

Ao Professor Leandro Innocentini Lopes de Faria, co-orientador desta Tese, pela amizade, apoio e auxílio inestimável na formulação da estratégia de busca e tratamento dos dados para análise cientométrica.

As Professoras Maria Margaret Lopes e Maria Cristina Guimarães, por seus valiosos comentários durante o exame de qualificação, os quais me permitiram aperfeiçoar a análise e apresentação dos resultados.

Aos pesquisadores Ademir Fontana, Daniel Vidal Perez, Humberto Gonçalves dos Santos e Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin. Agradeço por me guiarem no fascinante mundo dos solos.

Aos Professores do DPCT pelos conhecimentos transmitidos durante as aulas e seminários.

A Valdirene e demais funcionários do Instituto de Geociências da UNICAMP pela colaboração e disponibilização dos recursos administrativos e materiais.

A minha família por sempre me acompanhar com seu amor e carinho.

A minha esposa Luana por seu apoio permanente, por suas generosas doses de compreensão e cuidadosa leitura.

A todos os colegas do DPCT por me brindarem com sua acolhida incondicional e companheirismo.

A Deus por tudo.

“...como é a terra, se fértil ou estéril; se nela há arvores, ou não; esforçai-vos, e tomai do fruto da terra”.

Moisés (Números 13:20)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DAS PRÁTICAS CIENTÍFICAS NA ÁREA DE
SOLOS

RESUMO

Tese de Doutorado
Ricardo Arcanjo de Lima

A Ciência do Solo seguiu um longo caminho na sua evolução de uma disciplina com fortes raízes na Geologia para uma área com forte aplicação agrícola e ambiental e, nas últimas décadas, viveu uma situação de grande incerteza: em todo o mundo houve queda de investimentos na área, com conseqüente redução do interesse do governo e da sociedade pelos solos e pela agricultura. No entanto, identifica-se atualmente um novo período de interesse e de crescimento da área de solos com foco em questões de agricultura, segurança alimentar, produção de fibras e energia renovável, além dos serviços ambientais. Tendo em vista essa percepção de renascimento da disciplina, esta tese tem como objetivo principal analisar a dinâmica da atividade científica da área em uma região específica (América Latina), através do tratamento cientométrico em registros indexados na base de dados *Scopus*, contribuindo para as atividades de investigação científica e tecnológica e aportando indicadores para o estudo da produção, colaboração científica e impacto nesta disciplina. No estudo foram recuperados, através de processo de delimitação da área na base *Scopus*, registros relativos ao período de 1999-2010, 1983-2012 e 1975-2009 que, após tratamento bibliométrico, geraram indicadores que permitiram caracterizar a evolução temporal da produção de artigos científicos, a contribuição por área temática, países, instituições e suas relações através da coautoria. O estudo aponta para uma disciplina consolidada e que vem ganhando espaço no cenário internacional com contribuição científica relevante para os desafios globais. Contudo, a dinâmica da área está concentrada nas principais economias da região, o que explicita a urgência do estabelecimento de políticas visando à solução de gargalos como integração regional e o fortalecimento dos países que apresentaram atividade científica débil.

Palavras chaves: Ciência do Solo, Bibliometria, Cientometria, Base de dados, Indicadores (Agricultura)



UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCE

**SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC PRACTICE IN THE AREA OF
SOILS**

ABSTRACT

Tese de Doutorado
Ricardo Arcanjo de Lima

The Soil Sciences have trailed a long path in its evolution from a discipline with strong roots in geology to an area with strong environmental and agricultural applications and, in recent decades, it has experienced a situation of great uncertainty: worldwide there has been a significant decrease of investments in the area reflecting a reduction of governmental interest in soils and agriculture. A new period of growth and interest in the area of soils, however, can be clearly identified. One that is focused on questions relating to agriculture, food security, fiber production and renewable energy, in addition to environmental services. With this revival of the discipline in mind, this thesis seeks mainly to analyze the dynamics of the area's scientific activity in a specific region (Latin America) through the scientometric treatment of records indexed in the Scopus database, contributing to scientific and technological research and providing support to indicators for the study of production, scientific collaboration and impact in this discipline. Though the process of delimitation of the area in the Scopus database, this study retrieved records for the period 1999-2010, 1983-2012 and 1975-2009, which, after bibliometric treatment, generated indicators that enabled the characterization of the temporal evolution of scientific article production, the contribution by subject area, country, institution and their relationships through co-authoring. The study points to a consolidated discipline that has been gaining ground in the international arena with important scientific contributions to global challenges. The dynamics of the area, however, are concentrated in the major economies of the region. This makes urgent the establishment of policies aimed at solving bottleneck, such as regional integration and the strengthening of countries with weak scientific activity.

Keywords: Soil Science, Bibliometrics, Scientometrics, Database, Indicators (Agriculture)

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	01
CAPÍTULO 1. CIENTOMETRIA	05
1.1 Indicadores cientométricos Vs. avaliação da atividade científica	05
1.1.1 Tratamento cientométrico dos dados	08
CAPÍTULO 2. SOLOS	15
2.1 Definição	15
2.2 Formação e Classificação do Solo	16
2.3 Estudo do Solo	20
2.3.1 A Situação da Ciência do Solo	23
2.4 Desafios	25
CAPÍTULO 3. - BIBLIOMETRIA E “AVALIAÇÃO” DA ATIVIDADE CIENTÍFICA: UM ESTUDO SOBRE O ÍNDICE H	27
3.1 Introdução	28
3.2 A citação como instrumento de avaliação da atividade científica	30
3.3 O índice h: indicador bibliométrico combinado de produção e citação científica	32
3.4 Procedimentos metodológicos	35
3.5 Resultados e Discussão	37
3.6 Considerações Finais	41
3.7 Referências	42
CAPÍTULO 4. - ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DA ATIVIDADE CIENTIFICA NA ÁREA DE SOLOS: O CASO DA AMÉRICA LATINA	47
4.1 Introdução	48
4.2 Caracterização da área de solos	49
4.3 Método	50
4.4 Resultados	52
4.5 Considerações	62
4.6 Referências	63

CAPÍTULO 5 - A PRÁTICA DA COLABORAÇÃO CIENTÍFICA NA ÁREA DE CIÊNCIA DO SOLO: O CASO DA AMÉRICA LATINA	67
5.1 Introdução	68
5.2 A prática da colaboração científica	69
5.2.1 Coautoria e estudo da colaboração científica	72
5.3 Método	73
5.4 Resultados e Discussão	74
5.5 Considerações finais	84
5.6 Referências	85
CAPÍTULO 6. – SITUAÇÃO ATUAL E TENDÊNCIAS DA CIÊNCIA DO SOLO NO BRASIL.	87
6.1 Introdução	88
6.2 Metodologia	90
6.3 Resultados e discussão	92
6.4 Considerações	99
6.5 Referências	99
CAPÍTULO 7. - ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA ATIVIDADE CIENTÍFICA DA EMBRAPA SOLOS. (1975-2009)	103
7.1 Introdução	104
7.2 Avaliação da atividade científica	104
7.2.1 Uso de Indicadores bibliométricos para avaliação da atividade científica.	105
7.2.2 Uso dos indicadores bibliométricos para avaliação da atividade científica de órgãos de pesquisa	107
7.2.2.1 Embrapa Solos	107
7.3 Método	108
7.4 Resultados e discussão	109
7.4.1 Indicadores de publicação	109
7.4.2 Indicadores de Ligação (Colaboração)	114
7.4.3 Indicadores de Citação	116
7.5 Considerações finais	119

7.6 Referências	120
CAPÍTULO 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
8.1 Índice h	123
8.2 Indicadores de Publicação	124
8.3 Indicadores de Coautoria	128
8.4 Conclusões	129
8.5 Limites da pesquisa	130
8.6 Sugestão para estudo futuro	131
REFERÊNCIAS	135
ANEXO I	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Interface base de dados Scopus	09
Figura 1.2	Síntese do procedimento utilizado no estudo	10
Figura 1.3	Documento Texto salvo do Scopus	11
Figura 1.4	Registros trabalhados no VantagePoint	12
Figura 2.1	Zona Crítica	16
Figura 2.2	Cambissolo	18
Figura 2.3	Neossolo	19
Figura 2.4	Latossolo	19
Figura 2.5	Argissolo	20
Figura 2.6	Temas atuais e focos da Ciência do Solo pós 2ª guerra mundial	24
Figura 8.1	Bolsas Capes de pós-graduação concedidas para a área de solos	133
Figura 8.2	Bolsas CNPq de pós-graduação concedidas para a área de solos	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 8.1	Programas de Pós-Graduação na área de Solos no Brasil	132
------------	---	-----

LISTA DE SIGLAS

CA	Comitê de Assessoramento
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNPAB	Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia
CNPAF	Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
CNPMA	Centro Nacional de Pesquisa de Meio Ambiente
CNPS	Centro Nacional de Pesquisa de Solo
CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
CPATC	Centro de Pesquisa Agropecuária dos Tabuleiros Costeiros
CPATSA	Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido
CTAA	Centro Nacional de Pesquisa em Tecnologia Agroindustrial de Alimentos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAP	Fundação de Amparo à Pesquisa
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
IAC	Instituto Agrônômico de Campinas
INCT	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
IUSS	International Union of Soil Sciences
PC&T	Política Científica e Tecnológica
SBCS	Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

SNLCS	Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos
SHIFT	Studies of Human Impact on Forest and Floodplains in the Tropics
UBA	Universidad de Buenos Aires
UChile	Universidade do Chile
UDEC	Universidad de Concepción
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UENF	Universidade Estadual do Norte Fluminense
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFPA	Universidade Federal de Lavras
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPEL	Universidade Federal de Pelotas
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRO	Universidad de la Frontera
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNB	Universidade de Brasília

UNESP Universidade Estadual Paulista
UNICAMP Universidade Estadual de Campinas
UNS Universidad Nacional del Sur
USDA United States Department of Agriculture
USP Universidade de São Paulo

APRESENTAÇÃO

A tese está estruturada em artigos escritos pelo autor, em coautoria com a orientadora e com o co-orientador. Este formato está amparado pela Deliberação 03/2009 do Departamento de Política Científica e Tecnológica da Unicamp, que fixa para o doutorado a exigência de 03 artigos aceitos para publicação em revistas com classificação Qualis A1, A2, B1 ou B2. Dos 05 artigos que compõem a tese, dois deles foram enviados para revistas com classificação A2, um para B1 e os outros dois para periódicos B2.

Cada artigo que compõe a tese trata de um aspecto da prática da produção do conhecimento científico na área de solos. Os artigos serão apresentados segundo os critérios de formatação exigidos pelas revistas.

O primeiro e segundo capítulo servem a uma breve contextualização dos indicadores cientométricos e a situação atual da Ciência do Solo.

O terceiro capítulo e primeiro artigo destacam a importância da avaliação da atividade científica como um fator crucial para agências de fomento e institutos de pesquisa, razão pela qual apresenta um novo indicador bibliométrico que vem ganhando espaço na comunidade científica – o índice h. A partir dos dados de pesquisadores paulistas com bolsas produtividade A1 e A2, analisa-se o comportamento do índice h em diferentes áreas do conhecimento: Física (Ciências Exatas), Genética (Ciências Biológicas), Agronomia (Ciências Agrárias) e Sociologia (Ciências Humanas).

O capítulo observa a variabilidade/persistência do valor do índice em diferentes áreas do conhecimento e sua aplicação como ferramenta de política científica e tecnológica. Uma contribuição importante deste estudo para tese foram os valores encontrados para a área de Agronomia, área de conhecimento composta por várias disciplinas, entre elas a Ciência do Solo.

A partir do capítulo 4, os artigos têm como tema exclusivo a área de solos. O capítulo apresenta indicadores de atividade da disciplina, partindo da premissa de que a ciência se encontra, em grande parte, incorporada em sua literatura. O artigo utiliza a cientometria para mapear a atividade científica da área de solos, área do conhecimento que tem se destacado devido à sua atuação fundamental na agricultura e, mais recentemente, em temas da agenda global de manejo e uso sustentável dos recursos naturais. O capítulo demonstra ainda a importância da disciplina no meio científico, ao comprovar o crescimento do número de artigos publicados, de temas envolvidos, dos principais periódicos e das instituições de pesquisa que se destacam na produção de conhecimento em solos na América Latina.

A cobertura dos dados teve como objetivo compreender as práticas da área de solos no Brasil e em todo o subcontinente latino-americano - área geográfica, com fortes vínculos políticos e culturais. Ampliar a zona de cobertura teve também como objetivo permitir mapear os vínculos de colaboração formal, via coautoria, no capítulo 5.

O quinto capítulo busca mapear não só as coautorias entre os países da América Latina na área de solos, mas também expor como estas nações se relacionam com países de outras regiões. Para isso foram elaborados mapas de colaboração expondo redes de países e instituições que nos permitiram visualizar importantes aspectos da prática de colaboração ao mapear as redes e confirmar a interferência de diversos fatores, com claras implicações para a área de Política Científica e Tecnológica (PC&T).

O capítulo 6 apresenta indicadores de atividade da disciplina no Brasil. O artigo utiliza a cientometria para demonstrar a recuperação da área de solos no Brasil: crescimento do número de artigos publicados, dos principais periódicos, das instituições de pesquisa que se destacam na produção de conhecimento, programas e bolsas de pós-graduação.

No capítulo 7 foi selecionado um centro de pesquisa na área de solos para aplicar os indicadores na mensuração de sua atividade científica. O desempenho de centros de pesquisa vem recebendo cada vez mais atenção por parte dos organismos captadores e distribuidores de

recursos, tornando a bibliometria uma importante ferramenta para a PC&T. Este artigo apresenta a trajetória de publicação do Centro Nacional de Pesquisa de Solos da Embrapa.

Por fim, no capítulo 8 são apresentadas algumas considerações finais a respeito do estudo, discutindo-se os resultados, as limitações da pesquisa e suas implicações.

O anexo I por sua vez corresponde a uma versão preliminar do artigo de cooperação científica na área de solos. O mesmo foi publicado no formato de capítulo de livro e faz parte da composição da Tese por representar uma etapa importante no desenvolvimento do estudo.

É necessário enfatizar que este estudo não abarca a totalidade das práticas de publicação na área de solos, sendo somente o retrato disponível em uma das principais bases internacionais. Entretanto, acredita-se que este trabalho contribui de forma importante para o debate em torno das diferentes práticas científicas, o uso dos indicadores cientométricos e suas limitações e, principalmente, para o melhor entendimento das práticas e dinâmicas da produção do conhecimento científico em uma área cada vez mais estratégica para o Brasil e a América Latina.

O Problema Investigado

O comportamento e as regularidades da atividade científica na área de Solos, através da aplicação de métodos cientométricos automatizados, esperando contribuir para a tomada de decisões em matéria de Política Científica e Tecnológica.

Limite Temporal

Os dados usados na construção dos indicadores dos capítulos 4 e 5 se referem ao período de 1999 a 2010, totalizando 5.554 registros analisados. Para os capítulos 6 e 7, a cobertura temporal foi maior abarcando 1983-2012 e 1975-2009, respectivamente.

Objetivo geral

Analisar a dinâmica da comunidade científica na área de solos, através do tratamento cientométrico em registros indexados na base de dados *Scopus*, almejando contribuir para as atividades de investigação científica e tecnológica nesta área, aportando procedimentos metodológicos e indicadores para o estudo da produção e cooperação científica.

Objetivos específicos

- Apresentar a variação existente nas práticas de citação e valores do índice h em diferentes áreas do conhecimento.
- Mapear e observar a evolução da produção científica na área de Solos, seus principais atores, principais periódicos, predomínio de temas de pesquisa e sua rede de colaboração.
- Estudar o comportamento de um centro de pesquisa da área solos, através de indicadores de atividade, colaboração e citação.

Definição de Ciência do Solo

O conceito de Ciência do Solo adotado para elaboração do estudo segue a definição de Curi et al (1993) “ciência que trata dos solos como um recurso natural da superfície terrestre; inclui a formação, classificação, e as propriedades físicas, químicas, mineralógicas, biológicas e de fertilidade dos solos e também estas propriedades em relação ao seu uso e manejo”. Cabe ainda explicitar que o escopo da tese é tratar de uma Ciência Agrícola, e não de uma Ciência da Terra.

Os termos utilizados para recuperação dos registros relativos à área de solos foram selecionados a partir da experimentação de diversas estratégias de busca e visaram cobrir os temas abordados pelas comissões especializadas da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBSC) e da União Internacional de Ciência do Solo (IUSS).

CAPÍTULO 1. CIENTOMETRIA

1.1. Indicadores Cientométricos Vs. Avaliação da Atividade Científica

A pesquisa científica apresenta grande impacto no desenvolvimento econômico e social, no entanto os recursos destinados para essa atividade vital são limitados e por isso existe a necessidade de se avaliar a ciência e seus resultados (DORTA-GONZALEZ; DORTA-GONZALEZ, 2010). Nesse sentido um dos métodos de avaliação mais utilizados pelos agentes decisores da área de Política Científica e Tecnológica (PC&T) é a bibliometria aplicada a documentos científicos ou cientometria.

A cientometria, oriunda da Ciência da Informação e Documentação, é vista como híbrida pelas Ciências Humanas e Sociais por incorporar técnicas estatísticas e modelagem matemática. O objetivo da disciplina é proporcionar aspectos quantitativos da atividade científica e ao fornecer dados para formuladores de PC&T é vista como uma disciplina de suporte à decisão (ZITTI; BASSECOULARD, 2008).

O conjunto de ferramentas cientométricas tem como foco a análise dos meios de comunicação registrada e, neste processo, revelam matizes da dimensão social e política das comunidades científicas. Assim, tais ferramentas exibem fortes ligações com a área de Sociologia da Ciência e com a Política Científica (ZITTI; BASSECOULARD, 2008).

O papel da cientometria só é possível graças à importância histórica dada à prática de publicação pela comunidade científica. Uma vez que o avanço científico se baseia em um processo de acumulação de conhecimento, cada novo experimento ou ideia é sempre construída em parte dos resultados e estudos anteriores. Assim, é essencial para a evolução do conhecimento científico, um sistema eficiente de comunicação dentro da comunidade científica (TAYLOR; PERAKAKIS; TRACHANA, 2008).

No mesmo passo da revolução tecnológica, a ciência tem passado por grandes e rápidas mudanças, tais como o aumento do número de pesquisadores, novas instituições científicas,

novas áreas do conhecimento e com isso a demanda por novos veículos de publicação científica. Essas mudanças geraram profundas alterações no mercado editorial científico que experimentou aquisições e fusões dignas do mercado de capitais.

As mudanças sofridas nos tradicionais veículos de comunicação científica geraram desconforto na comunidade acadêmica, uma vez que explicitaram a influência comercial de um setor criado para servir a Ciência. (TAYLOR; PERAKAKIS; TRACHANA, 2008). No mesmo ritmo, os indicadores mais utilizados na avaliação de periódicos, instituições e pesquisadores também passaram a ser alvos de críticas e questionamentos, uma vez que tais indicadores são fornecidos por importantes forças do mercado de produtos de informação científica (ISI - Thomson Reuters e Elsevier). E com isso, através do mau uso dos indicadores, a cientometria estaria contribuindo para a manipulação dos pesquisadores em prol de grandes grupos editoriais (TAYLOR; PERAKAKIS; TRACHANA, 2008).

A consequência disso foi o uso por parte dos pesquisadores de avanços tecnológicos na troca de informações para abrir novas portas e assim tentar assumir o controle de seu “produto”. O surgimento de canais alternativos de publicação como o arXive, repositório público da área de Ciências Exatas (GINSPAR, 2011) e do prestigiado Scielo (Periódicos de Acesso Aberto) são bons exemplos de mudanças ocorridas nas práticas de publicação.

Da mesma forma que o avanço tecnológico permite alternativas mais democráticas de acesso ao conhecimento científico, também afeta os modelos e avaliação, que ficaram mais dependentes das técnicas e ferramentas bibliométricas, ao lidar com um volume cada vez maior de literatura científica.

Existe certo consenso a respeito dos artigos científicos serem o resultado mais imediato da pesquisa científica; ainda que a avaliação por pares seja muitas vezes o método mais recomendado, ele esbarra no alto custo e no caráter subjetivo do sistema (DORTA-GONZALEZ; DORTA-GONZALEZ, 2010). Como as publicações são fonte importante de dados sobre produção científica, redes de pesquisa e colégios invisíveis (coautoria) e impacto (citação) são

considerados indicadores válidos, no entanto estes dados cientométrico são apenas o primeiro passo na avaliação do conhecimento científico, muito mais complexo.

Muito mais complexo do que os atuais rankings publicados fazem parecer crer (A exemplo do publicado pela Universidade de Tong – Shanghai), a avaliação da ciência através da cientometria parte da premissa que todos os pesquisadores divulgam seus resultados através de artigos, o que não é necessariamente verdade para todas as áreas do conhecimento, a exemplo das Engenharias, Ciências Humanas e Sociais (VAN RAAN, 2005). Outro problema apontado é o viés anglofona das fontes de informação comumente adotadas para avaliação (Web of Science e Scopus). Fazendo da cientometria uma técnica de avaliação válida apenas para disciplinas cuja premissa seja verdadeira e cujo principal idioma de publicação seja o inglês.

Para responderem a perguntas de importantes atores da área de PC&T, a avaliação através da cientometria tornou-se parte integrante do cotidiano dos pesquisadores, especialmente em temas como financiamento e progressão acadêmica. Justamente por dar suporte a decisões importantes é que o retrato da atividade científica apresentado pela disciplina e a eficácia de suas técnicas vêm sendo questionadas por muitas vezes não representarem conexão com a realidade científica.

Muitos pesquisadores, especialmente nas universidades, sentem-se desconfortáveis com o aumento gradual da adoção da cientometria para quantificar e medir sua produção científica, uma vez que as universidades sempre foram encaradas como arenas para o avanço livre do conhecimento e não fábricas (GISKE, 2008).

Para Giske (2008), apesar dos numerosos índices cientométricos que veem sendo desenvolvidos, não existe uma maneira fácil de quantificar a literatura científica. A maioria dos indicadores, apesar de suas qualidades, apresenta alguma distorção e, para Lawrance (2007), podem em alguns casos dificultar ainda mais um retrato fiel da ciência.

A confiabilidade das métricas aplicadas à ciência é um desafio óbvio da cientometria (MOED, 2002). As práticas adotadas por cada área do conhecimento diferem historicamente

muito entre si e apresentam desafios tão diversos quanto suas práticas: inovação, cultura e desafios sociais.

No entanto, apesar dos problemas levantados, tais indicadores podem ser usados, desde que estejam em um contexto específico, associados a outros indicadores, e que se leve em conta suas limitações. Para Van Raan (2005), o problema não está no uso das ferramentas cientométricas e sim no seu uso para fins inadequados.

1.1.1. Tratamento cientométrico dos dados

Esta seção tem como objetivo descrever detalhadamente os procedimentos de tratamento dos registros de solos via o Software VantagePoint.

Fonte dos dados

A fonte dos dados usada no estudo é a base de dados multidisciplinar Scopus da editora Elsevier. É atualmente uma das maiores fontes de informação científica (Resumos e referências bibliográficas) e por isso permite uma visão abrangente e multidisciplinar da ciência.

A base integra documentos importantes para a área Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I): artigos científicos, patentes, fontes da web de conteúdo científico, memórias de congressos e conferências. É atualizada diariamente e conta com um conjunto importante de ferramentas para estudos bibliométricos e avaliação da atividade científica, tais como: perfil de autor, perfil de instituição, rastreador de citações, índice h e analisador de periódicos.

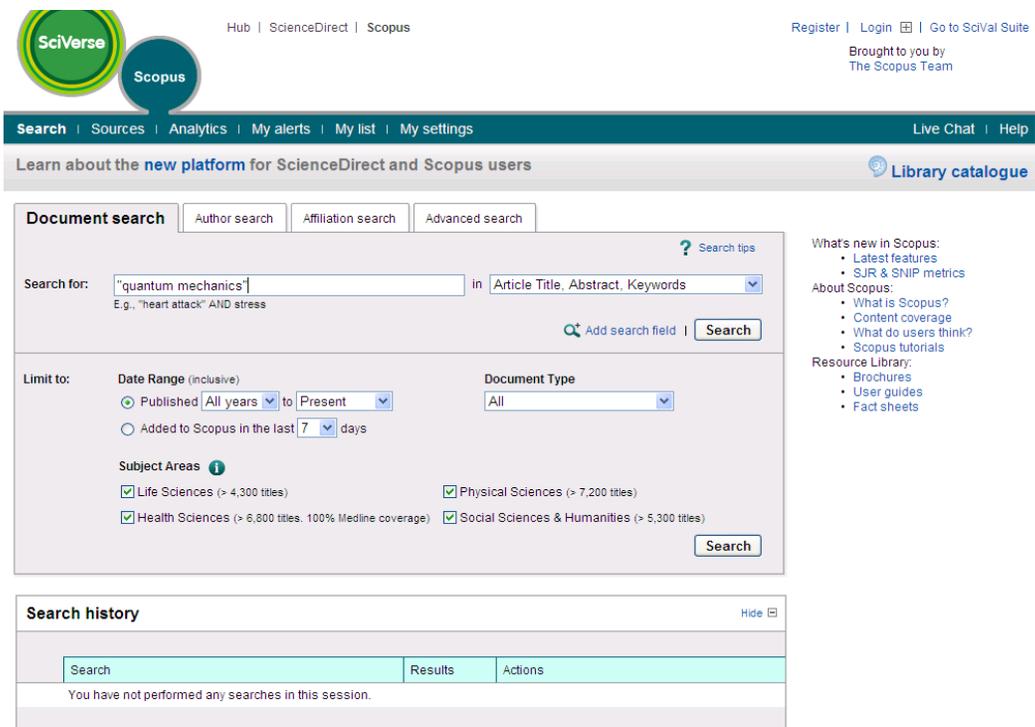


Figura 1.1 – Interface base de dados Scopus.

Procedimentos de Tratamento dos Dados

Na figura abaixo, encontra-se o esquema através do qual podemos observar os procedimentos de recuperação e tratamento dos dados. Foi realizada uma busca na base de dados *Scopus* nos períodos 1999-2010 (5.554 registros), 1983-2012 (5.767 registros) e 1975-2009 (184 registros) usando a expressão de busca combinada elaborada previamente.

Os registros recuperados foram importados para o software VantagePoint que gerou listas/rankings, matrizes de coocorrências e mapas de coautoria. As listas e matrizes foram transferidas para o Excel, onde foram geradas representações gráficas para os indicadores.

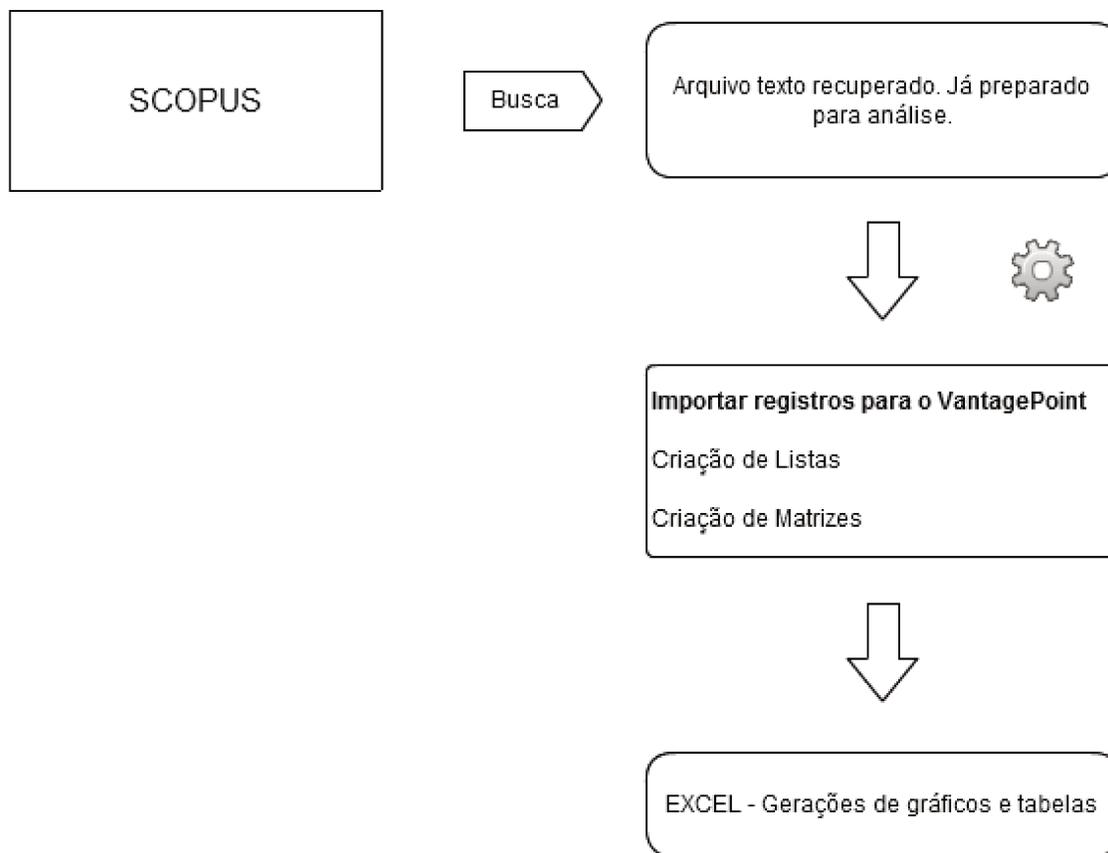


Figura 1.2 – Síntese do procedimento utilizado no estudo.

Procedimentos Detalhados

A busca realizada na base Scopus apresentou algumas dificuldades ao tentarmos identificar a qual instituição pertencia à publicação recuperada. Esses problemas ocorreram devido a erros cometidos durante a indexação dos artigos e a ocorrência de diversos nomes para designar uma mesma instituição.

Os campos “país” e “instituição” foram os mais prejudicados, uma vez que em alguns casos ocorreu à transcrição de maneira diferente do nome de uma mesma instituição ou faltava informação no campo “país”. Um exemplo são os registros dos Estados Unidos, onde muitas vezes foi indexado apenas o código postal dos estados americanos.

Foi necessária uma padronização prévia desses dois campos, unindo os territórios ultramarinos às suas matrizes e procedendo à uniformização de nomes de instituições, como o caso da USP, que também era registrado pelas unidades e outras abreviações.

Os dados recuperados do Scopus foram salvos em formato (*.txt).

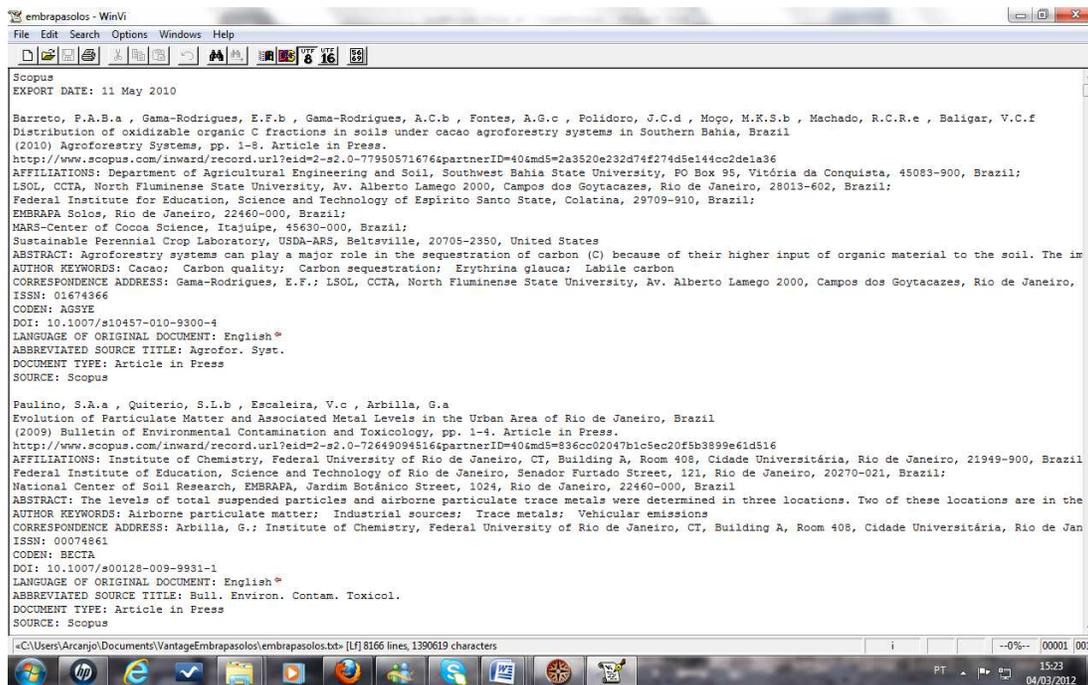


Figura 1.3 - Documento texto salvo do Scopus.

Através desse documento texto, o VantagePoint pode trabalhar com cada um dos campos, listando e agrupando as informações contidas nos registros, como podemos observar na figura abaixo.

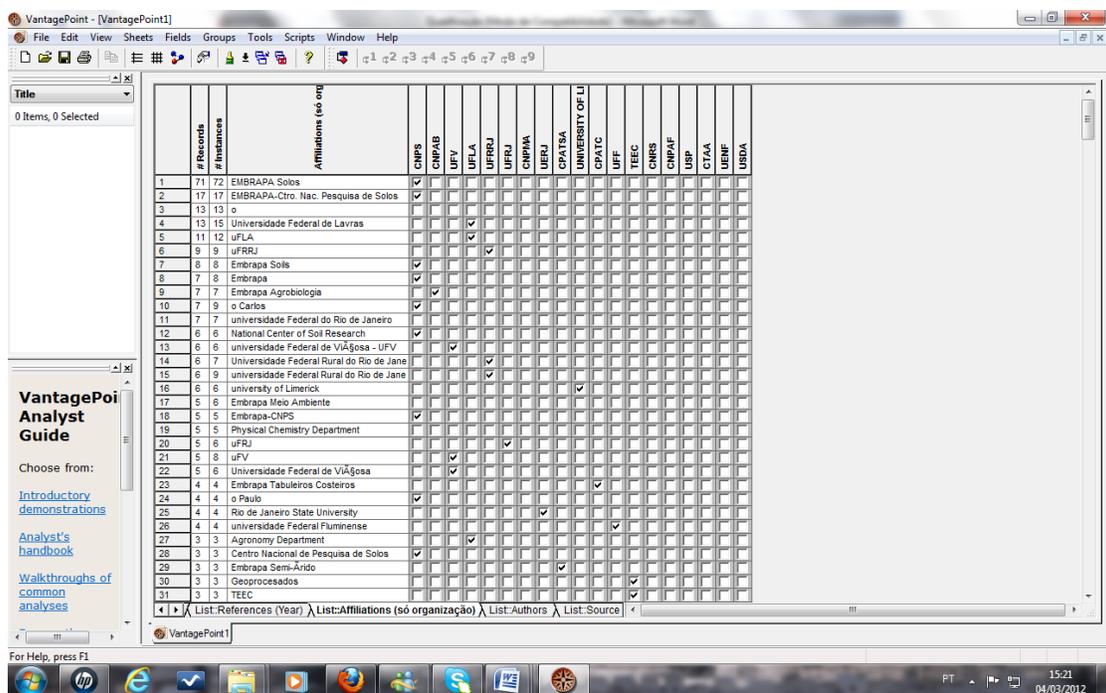


Figura 1.4 - Registros trabalhados no VantagePoint.

Com os dados dos registros foram criadas listas, matrizes e mapas utilizando os campos: autor, entidade descritores, ano, classificação, cidade e país.

As listas geradas no VantagePoint foram salvas em formato compatível com o Excel e, com as listas no Excel, foram gerados gráficos que possibilitam uma melhor apresentação dos dados para análise.

Softwares e Equipamentos

Para a execução deste estudo, alguns softwares foram utilizados no tratamento dos registros recuperados do Scopus. São eles:

VantagePoint: Como já mencionado, software para tratamento bibliométrico. O software VantagePoint foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Technology Policy and Assessment Center do Georgia Institute of Technology - Estados Unidos. Ele faz a transformação de dados textuais em dados numéricos por meio de análise bibliométrica, apresenta uma interface amigável e consegue trabalhar com um grande volume de dados.

Ucinet e Netdraw na elaboração gráfica da rede de parcerias através das matrizes do VantagePoint.

Word e Excel: são ferramentas produzidas pela Microsoft que possibilitam uma acomodação e apresentação dos dados.

Para a recuperação, preparação e análise bibliométrica dos dados provenientes do Scopus, foi utilizado um notebook HP pavilion dv2-2014br com processador AMD Turion II Dual-Core e acesso ao portal periódicos da CAPES, via rede de fibra ótica da UNICAMP e EMBRAPA.

CAPÍTULO 2. SOLOS

2.1. Definição

Os seres humanos sempre tiveram uma relação íntima com o solo: com o surgimento da agricultura, os solos foram reconhecidos como importantes fontes para produção de alimentos, fibras e combustível (BREVIK; HARTEMINK, 2010). Para Espindola (2008a), desde o neolítico, os homens demonstram seu interesse pelo solo que supre as necessidades dos vegetais que, por sua vez, nutrirá outros seres vivos. Assim, o solo é comumente descrito como o material mineral e/ou orgânico não consolidado na superfície da terra, servindo como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas (MINAMI, 2009; CURI et al., 1993).

Solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e pode ser vegetado na natureza onde ocorre e, eventualmente, ter sido modificado por interferências antrópicas (SISTEMA..., 2006).

Alguns estudiosos, entretanto, definem o solo e suas funções de maneiras semelhantes, porém distintas: para Espindola (2008b), o solo é um manto de intemperismo da crosta terrestre ligado a uma organização das paisagens capaz de sustentar uma fauna e flora que viabilizam a existência de seres humanos ao longo da evolução do planeta; já para Fontana (2011), do ponto de vista taxonômico, o solo pode ser definido como todas as partes presentes acima do material de origem (camadas ou horizontes); e, segundo Wilding e Lin (2006), embora a função primordial do solo seja o fornecimento de nutrientes e água para sustentar a agricultura e ecossistemas, os recursos do solo são igualmente fundamentais para eliminação de resíduos, abastecimento das fontes de águas subterrâneas, gestão de impactos climáticos e fonte de matéria prima para diversas atividades.

No conceito de Zona Crítica (interação frágil do solo, rocha, água, ar e que inclui a sua capa de vegetação, rios e lagos), a interação do solo com a Litosfera, Atmosfera, Hidrosfera e Biosfera recebe o nome de Pedosfera, zona de sustentação da vida que desempenha um importante papel na reciclagem dos recursos naturais (WINDING; LIN, 2006).

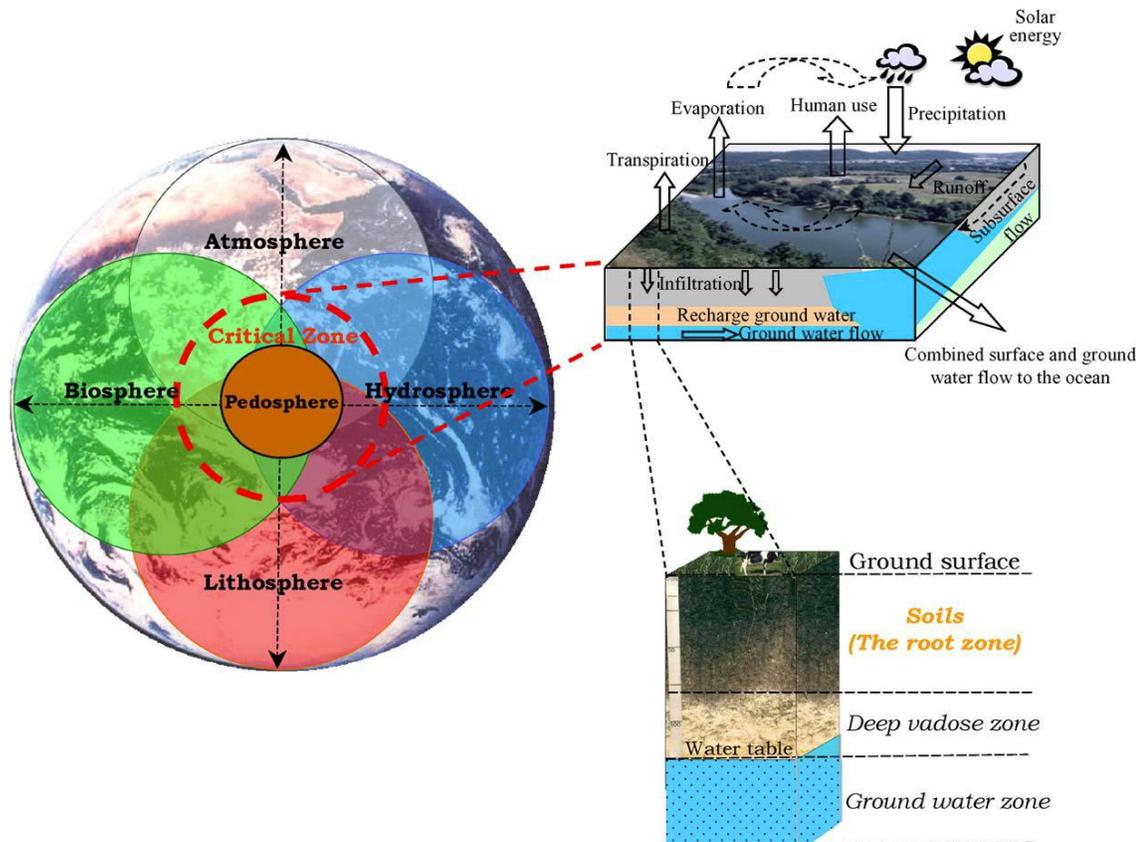


Figura 2.1. Zona Crítica. Fonte: Wilding e Lin (2006).

2.2. Formação e Classificação do Solo

Para Jenny (1941), os fatores de formação de solos se combinam em tipos e intensidade diferentes para compor os diversos processos de formação de solos e podem ser divididos em cinco: material de origem, relevo, clima organismos e tempo.

$$\text{Solo} = f(\text{mo}, \text{r}, \text{cl}, \text{o}, \text{t}).$$

Material de origem: material a partir do qual o solo começa a se formar, podendo ser de natureza mineral ou orgânica;

Relevo: Condiciona a formação dos solos que ocupam segmentos da paisagem;

Clima: O clima é muito importante para o processo de desenvolvimento do solo, atuando já desde os processos biogeoquímicos como catalizador;

Organismos: A fauna e flora do solo (microrganismos, cobertura vegetal, etc.) criam e destroem feições, propriedades e características destes materiais;

Tempo: o tempo no qual o desenvolvimento do solo inicia, após algum evento que destruiu o solo pré-existente ou aparecimento de uma nova superfície.

Para Fontana (2011), a gênese do solo se dá a partir de duas fases distintas:

Fase A: Deposição e/ou acumulação do material de origem (substrato): que representa a base para a formação, desenvolvimento e evolução dos diferentes solos.

Fase B: Formação e diferenciação dos horizontes de solos (pedogênese): que representa a ação coletiva ou isolada dos mecanismos (ação física, química e biológica) sobre o material de origem.

Importante destacar que a estrutura dos solos é tradicionalmente dividida em camadas genéticas (horizontes) e que cada um deles representa uma seção, aproximadamente paralela à superfície do terreno, e que possui propriedades que expressam os processos de formação dos solos. (FONTANA, 2011). Ao horizonte A, geralmente enriquecido de matéria orgânica e por isso mais escuro, segue-se o horizonte B, considerado de máxima expressão dos processos genéticos, bastante alterado/intemperizado, típico de solos maduros e, abaixo deste, o horizonte C, já de transição para o mineral de origem (ESPINDOLA, 2008c).

No entanto, variações podem ocorrer dependendo do grau de desenvolvimento pedológico dos solos, podendo apenas parte destes horizontes serem observados.

Baseado nas interações apresentadas por Jenny (1941) e nos fatores expostos por Fontana (2011), os solos podem apresentar diferentes classificações. A seguir exemplos dos principais solos que ocorrem no subcontinente latino-americano^{1, 2}.

¹ SOLOS do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012.

² SOILS of Latin America and the Caribbean. Brussels: JRC, 2012.

Cambissolos – Solos pouco desenvolvidos, com horizonte B incipiente (pouco evoluído, com presença de fragmentos de rochas e minerais primários, fraco desenvolvimento de estrutura). Distribuem-se por toda a América Latina, ocupando cerca de 2,5% do território brasileiro e 10% do subcontinente. Dependendo da presença de matéria orgânica, o cambissolo pode apresentar alta fertilidade.



Figura 2.2. Cambissolo. Foto: Ademir Fontana.

Neossolos – Solos pouco evoluídos, sem horizonte B definido, sejam pela reduzida atuação dos processos de formação ou por características inerentes ao material originário. Ocorrem em aproximadamente em 15% do território brasileiro e em 11% da América Latina. A aptidão é geralmente restrita e são constituídos por material mineral ou orgânico com menos de 20 cm de espessura.



Figura 2.3. Neossolo. Foto: Ademir Fontana.

Latossolos – Solos com horizonte B subsuperficial, uniforme em cor textura e estrutura, evolução muito avançada com atuação severa dos agentes de intemperismo. É considerado o principal solo “brasileiro”, ocupando 39% da área do país e ocorrendo em 20% da América Latina.



Figura 2.4. Latossolo. Foto: Ademir Fontana.

São solos em geral com fertilidade natural muito baixa, ocupando as superfícies mais velhas e estáveis da paisagem, e por isso favorável a mecanização.

Argissolos – Solos com horizonte B textural (acumulação de argila em horizonte subsuperficial), com evolução avançada, atuação completa dos processos de formação. Ocorre em 24% da superfície do Brasil e em 13% da América Latina. A aptidão é variável, com predomínio de solos de relativa pobreza de nutrientes, embora ocorram áreas com ótima fertilidade natural.



Figura 2.5. Argissolo. Foto: Ademir Fontana.

Os solos apresentados representam aproximadamente 80% dos solos brasileiros e mais de 50% dos solos latino-americanos.

2.3. Estudo do Solo

As raízes da Ciência do Solo são antigas, ainda que sua organização como disciplina possa ser datada por alguns em meados do século XVII, Tandarich (2002) por sua vez coloca o berço da moderna Ciência do Solo no século XIX com o início dos estudos básicos e sistemáticos

dos solos. No entanto, para Sumner (2000), apenas nos últimos 100 anos podemos falar de um corpo de conhecimento independente ligado fortemente à agricultura.

Churchman (2010) destaca que o interesse no solo, suas propriedades e sua composição sofreu um grande salto a partir da transição da humanidade de caçadores/coletores para agricultores no Neolítico e, a partir desse ponto, a dependência humana dos solos se tornou mais evidente, sendo encarado como um meio de sustentação e nutrição de plantas e animais. A mais antiga evidência conhecida de práticas agrícolas vem de um local perto da moderna aldeia de Jarmo no Iraque, onde implementos para colheita e cultivo foram encontrados que remontam a 11.000 aC. (TROEH et al., 2004).

Para Wilding e Lin (2006), como área de conhecimento, a Ciência do Solo e a Pedologia podem ser encaradas como componente das Ciências da Terra; no entanto, na maioria dos países, a área tem se desenvolvido como um campo ligado à pesquisa em agricultura. Já para Landa e Cohen (2010), apesar de suas origens na Geologia Agrícola, a Ciência do Solo tem se desenvolvido de maneira separada e distinta da Geologia e tem sido considerada uma Ciência Agrícola e não uma Ciência da Terra.

Para Sumner (2000), a área quantifica as funções, comportamentos e ambientes na superfície da Terra, o que inclui a distribuição, qualidade, diversidade espacial e gestão de organismos do Solo.

Ciência do Solo trata dos solos como um recurso natural da superfície terrestre; inclui a formação, classificação, e as propriedades físicas, químicas, mineralógicas, biológicas e de fertilidade dos solos e também estas propriedades em relação ao seu uso e manejo (CURI et al., 1993).

Com base nas definições apresentadas, observamos claramente que a Ciência do Solo está relacionada intimamente com a Geologia, Química e Biologia. Sposito e Reginato (1992) nos dizem que o papel estratégico do solo no fornecimento de alimentos, fibras e combustível para o mundo é o responsável pelo estreito relacionamento da Ciência do Solo com a pesquisa científica em agricultura.

Historicamente, a Ciência do Solo seguiu um tortuoso caminho na sua evolução de uma disciplina com fortes raízes na Geologia para uma área com forte aplicação agrícola e ambiental (WILDING; LIN, 2006) e, ao longo de sua trajetória, muitos pensadores contribuíram com importantes conceitos para a formação da disciplina, Churchman (2010) destaca as contribuições do naturalista Georges-Louis Leclerc de Buffon e do biólogo Charles Darwin no conceito de horizontes e de Mikhail Lomonosov como precursor na pesquisa de origem do solo a partir da combinação do desgaste de rochas e ação de organismos vivos.

No entanto, nenhum é tão emblemático como Dokuchaev que, devido a sua grande contribuição para a disciplina (no século XIX desenvolveu o argumento de zonalidade e de gênese dos solos), é considerado por especialistas o “pai” da Ciência do Solo (ESPINDOLA, 2008).

Com base nas informações levantadas na Ucrânia e na Rússia, Dokouchaiev constatou que os solos eram bem diferentes e atribuiu ao clima tais diferenças. Além disto observou que os solos eram compostos por camadas que terminavam em profundidade em contato com a rocha. Feito isto, reconheceu que o solo não era um simples amontoado de materiais não consolidados, em diferentes estádios de alteração, mas sim resultado de uma complexa interação de fatores genéticos que produziam o solo (FONTANA, 2011).

Desde seu nascimento como campo separadamente identificado de estudo, a Ciência do Solo tem sido comumente dividida em cinco subdisciplinas: Química do Solo, Física do Solo, Pedologia, Biologia do Solo e Mineralogia, tendo a área de fertilidade também se firmado com um estatuto próprio ao longo dos anos (CHURCHMAN, 2010).

Em anos mais recentes tem havido acréscimos às subdisciplinas ligadas às demais ambientais e de sustentabilidade: Conservação do Solo, Manejo do Solo e Água, Sensoriamento Remoto e Modelagem, entre outras. (CHURCHMAN, 2010), sendo possível notar uma mudança de paradigma na área nas últimas três décadas (LANDA, 2004), que aos poucos se tornou mais abrangente, extensa, integrativa e polivalente. Porém, Sposito e Reginato (1992) notam que, ao longo do seu desenvolvimento, a disciplina tornou-se extremamente focada na resolução de

problemas imediatos: produção de culturas, manejo de irrigação, qualidade da água, segurança alimentar e mais recentemente mudança climática e contaminação. Sendo importante preservar o esforço de pesquisa na área básica (HARTEMINK; MCBRATNEY, 2008).

2.3.1. A Situação da Ciência do Solo

A partir de 1980 e até o início de 2000, a Ciência do Solo viveu uma situação de crescente pessimismo: em todo o mundo houve grande recuo de investimentos na área, com consequente redução do interesse da sociedade pelos solos e agricultura, bem como os cortes por parte dos governos, em investimentos para a pesquisa em solos (MERMUT; ESWARAN, 1997) e a redução no número de estudantes na área de Ciências Agrárias e principalmente, de solos (HARTEMINK et al., 2008).

Outro fator que contribuiu com o cenário negativo, foi o isolamento da área de solos, que centralizou suas atividades no seu papel de descrever os solos em todos seus detalhes, relegando a segundo plano seu papel de aplicar o conhecimento adquirido e de interagir com outras ciências ou áreas correlatas na solução dos problemas.

Após este período incerto, a Ciência do Solo voltou a ganhar destaque a partir de problemas globais que requerem a necessidade de dados e informação de solos em escalas mais detalhadas e obtidas de forma mais rápida para responder às demandas de produção de alimentos, fibras, bioenergia, mudanças climáticas, sustentabilidade, disponibilidade de água e serviços ambientais, degradação dos solos, produção de novos fertilizantes, políticas públicas e outras.

O avanço da Ciência do Solo tem apresentado ritmos diferentes, de acordo com as demandas da sociedade, como pode ser visualizado na Figura 2.6, o chamado "Índice Pedobarométrico".

O índice foi composto com base em informações sobre a situação da Ciência do Solo no mundo, evidenciando períodos de crescimento, como o que aconteceu nas décadas de 60 e 70,

com uma grande redução que se iniciou em meados da década de 80, onde houve grande redução de investimentos no tema.

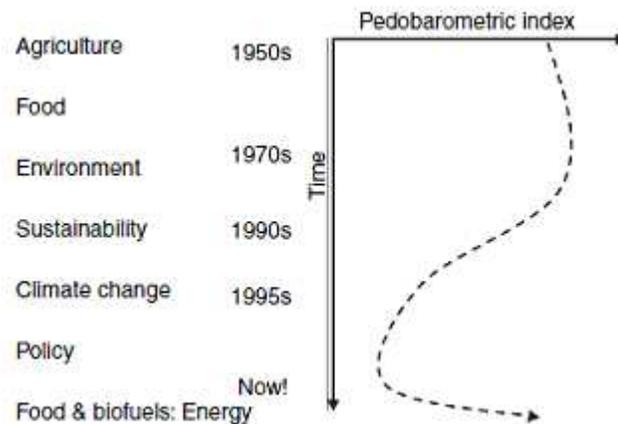


Figura 2.6. Temas atuais e focos da Ciência do Solo pós 2ª guerra mundial – atividade global e o impacto (Índice Pedométrico). Fonte: Hartemink (2008).

No Brasil, a situação não foi diferente: desde seu início nos anos 50, a Ciência do Solo e a Pedologia, em particular, tiveram também seus altos e baixos que seguiram a tendência mundial. Seu ápice se deu com o chamado "Programa Nacional de Levantamento de Solos", em nível de reconhecimento ou exploratório, a fim de atender a demanda de informação básica sobre os solos, de forma rápida e de baixo custo, em um país que naquela época quase nada conhecia de seus solos.

A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, assim como a Embrapa Solos, são oriundas desses tempos áureos (décadas de 50 e 60), onde se iniciou no Brasil a institucionalização da Ciência do Solo, bem como a capacitação e treinamentos dispensados aos nossos técnicos, culminando com o Projeto RADAM nos anos 70 (MENDONÇA-SANTOS; SANTOS, 2007).

A partir dos anos 80, iniciou-se um período difícil para a Ciência do Solo no Brasil e no mundo, com o fim dos programas governamentais, do financiamento da pesquisa para temas básicos, do desinteresse da sociedade como um todo e dos estudantes em particular, por um tema que não apresentava na época, inovações nos métodos e técnicas utilizados.

Neste período, em congressos e outros fóruns e por parte dos próprios especialistas, ouvia-se que "o pedólogo é um ser em extinção" e que "a Ciência do Solo está morta e enterrada". Dentre os pessimistas, destacam-se White (1997) e Baveye et al. (2006) e outros tantos que se expressaram em diferentes meios.

Atualmente, pode se identificar claramente um novo período de interesse e de crescimento da Ciência do Solo no Brasil e no mundo (HARTEMINK; MCBRATENY, 2008), um "Renascimento", atraindo o interesse para as questões de agricultura, segurança alimentar, produção de fibras e energia renovável, além dos serviços ambientais em prol da sustentabilidade do planeta.

Esta nova era se iniciou, de acordo com Scharpenseel et al. (1990), nos anos 90, especialmente após o Protocolo de Quioto em 1997, onde o grande tema foi a sustentabilidade do planeta (mudanças climáticas, degradação das terras, estoque de carbono, produção de alimentos-fibras e agroenergia), fazendo com que as características únicas da Ciência do Solo cruzassem fronteiras e se dividissem em novas subdisciplinas, uma vez que, para enfrentar os grandes desafios da atualidade, a pesquisa em solos precisa ser vista de forma holística (CHURCHMAN, 2010).

2.4. Desafios

Para Minami (2009), o conhecimento a cerca dos solos tem se concentrado na formação dos solos e na produção agrícola mas, a partir da década de 90 e o aumento das preocupações ambientais, novos temas ligados aos solos entraram na agenda de pesquisa.

Entre os principais desafios, Minami (2009) destaca: Erosão, Desertificação, Salinização e "Respiração" do Solo. Para Brown (1996), o aumento do uso de fertilizante e o aumento da área irrigada tem mascarado o impacto da erosão na produção agrícola, acelerando sua degradação. Minami (2002) aponta que a grande quantidade de fertilizantes de nitrogênio necessário para garantir a alimentação de uma população crescente é o responsável pela alteração do ciclo de troca gases entre a Pedosfera e Atmosfera. Além destes processos, o solo é atingido pela

contaminação por resíduos, dentre eles por metais pesados, o que faz com que teóricos como Wilding e Lin (2006) apresentem outras questões importantes como a ação de transgênicos no solo, ciclagem da água, biodiversidade do solo e a necessidade de levantamentos mais detalhados.

Para responder a estes grandes desafios é premente que a área de pesquisa em solos estabeleça novas conexões, investindo esforços em seu relacionamento com a sociedade, tendo em vista os interesses globais e o desenvolvimento da Ciência do Solo.

CAPÍTULO 3. - BIBLIOMETRIA E “AVALIAÇÃO” DA ATIVIDADE CIENTÍFICA: UM ESTUDO SOBRE O ÍNDICE H

Publicado em: LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. Bibliometria e “avaliação” da atividade científica: um estudo sobre o índice h. *Perspectivas em Ciência da Informação*, Belo Horizonte, v. 17, n. 3, p. 3-17, 2012.

ISSN 1981-5344 (Online)

Classificação Qualis- CAPES- A 1 (2012)

Indexação: Scielo, Scopus e ISI-Web of Science

3.1 Introdução

A pesquisa científica é uma atividade de extrema importância e consome somas consideráveis de recursos públicos e privados, razão pela qual é importante analisar os resultados que gera, assim como seu impacto em diferentes dimensões – científica, econômica, social. Várias são as maneiras pensadas e desenhadas para examinar cada uma destas dimensões. A literatura científica tem sido, historicamente, a fonte de dados mais utilizada para gerar indicadores que permitam analisar os resultados e a qualidade da produção científica e, ainda, estimar o impacto científico. Em anos recentes, destaca-se, entre tais indicadores de impacto, o índice h, que, baseado em citações recebidas, analisa e compara a atividade científica dos pesquisadores de forma individual (COSTAS; BORDONS, 2007).

O índice h tem sido adotado por diversos órgãos financiadores de pesquisa, com destaque para agências na Austrália, Nova Zelândia, Reino Unido³ e Espanha (IMPERIAL; RODRIGUEZ-NAVARRO, 2007), além de universidades e centros de pesquisa que, também, o utilizam como critério para a promoção funcional de pesquisadores e avanço dos mesmos na carreira científica. No Brasil, o índice h tem sido, paulatina, mas sistematicamente, apropriado por algumas fundações estaduais de amparo à pesquisa (FAPs), pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), como critério para alocação de recursos e benefícios, tais como as bolsas de produtividade científica concedidas pelo CNPq.

Apesar da tendência de ampliação de seu uso, muitas limitações e problemas associados ao conceito, metodologia e interpretação do índice h têm sido apontados (BORNMANN; HANS-DIETER, 2007; ROUSSEAU, 2008). Entre esses problemas, destaca-se a tendência crescente de comparar o índice h de pesquisadores de áreas diferentes do conhecimento, levando a conclusões equivocadas sobre a superioridade científica de instituições, grupos de pesquisa e, até mesmo, pesquisadores individuais, construindo e destruindo reputações.

³ RESEARCH Performance Measurement: introducing the Scopus h index. [New York]: Elsevier, 2007.

Com base no exposto, este artigo desenvolve o argumento de que, sendo o índice h baseado nas citações recebidas, e sendo a prática de citação bastante variada entre as áreas do conhecimento, o índice h varia, substantivamente, entre áreas e não pode ser usado como indicador de comparação de desempenho científico entre elas. Além disso, as práticas de publicação dos pesquisadores, assim como as citações que tais publicações recebem, são, reconhecidamente, afetadas pelas condições de trabalho dos pesquisadores, pelo estágio da carreira profissional, pelo número de orientandos de doutorado, além de outros fatores.

Para desenvolver esse argumento, este artigo tem como objetivo ilustrar, empiricamente, a variação nas práticas de publicação e citação entre áreas do conhecimento e, conseqüentemente, no índice h. Optou-se, como base empírica para essa ilustração, fazer uma análise comparada entre a produção científica declarada pelos bolsistas de produtividade do CNPq dos níveis 1-A e 1-B, de algumas áreas diferentes. Os bolsistas de produtividade científica do CNPq, de quaisquer que sejam as áreas, conforme se explica na seção de metodologia abaixo, já tiveram sua qualidade científica analisada e julgada pelos comitês assessores de suas respectivas áreas, em processos altamente competitivos. Portanto, são uma amostra extremamente adequada para selecionar, de maneira não aleatória, pesquisadores de alta reputação em suas respectivas áreas do conhecimento e que tenham índice h compatível com a qualidade que o sistema de avaliação praticado lhes atribui e reconhece. Por outro lado, visando eliminar da análise a influência de fatores que possam ser atribuídos às condições de trabalho dos pesquisadores, decidiu-se por cientistas vinculados a instituições de ensino e pesquisa do estado de São Paulo. Isso se deve ao fato de que este estado conta com condições excepcionais de financiamento para pesquisa, graças à FAPESP, respondendo por aproximadamente 72% do dispêndio estadual de pesquisa⁴, além de contar com um contingente enorme de estudantes de doutorado e de pesquisadores pós-doutores que, sem dúvida, contribuem para a produção científica dos pesquisadores.

⁴ CRUZ, C. H. de B. Os Estados, a União e o apoio à pesquisa. *Estado de São Paulo*, São Paulo, 2 maio 2012. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,os-estados-a-uniao--e-o-apoio-a-pesquisa-,867726,0.htm?reload=y>>. Acesso em: 10 maio 2012.

O artigo está estruturado em cinco seções, como se segue: uma breve caracterização a respeito da citação como instrumento de avaliação da atividade científica; considerações conceituais, metodológicas e interpretativas sobre o índice h; uma descrição do método empregado e das fontes de informação para esse estudo; apresentação dos resultados e discussão dos mesmos; e considerações finais.

3.2 A citação como instrumento de avaliação da atividade científica

No campo científico, diversas práticas são quase universais, entre elas a citação, que pode ser vista como um dos imperativos do método científico (JOB; ALVARENGA, 2008). De um modo geral, as citações refletem os processos de desenvolvimento das ciências, reconhecem a contribuição prévia dos pesquisadores por seus pares, ao mesmo tempo em que são importantes sinalizações, que indicam não apenas o “ambiente teórico” em que se processam as interpretações acadêmicas, mas, também, os “circuitos acadêmicos” que as legitimam (SILVA, 2000).

Ainda que a citação seja comum a todas as áreas do conhecimento, a prática da citação está sujeita aos modos particulares de organização da produção de conhecimento de cada área, subárea ou especialidade. Uma vez que as comunidades e seus conhecimentos estão interligados (SKILTON, 2006), a citação se tornou um instrumento que permite analisar as diferentes práticas entre as áreas e a razão destas diferenças.

Ao permitir evidenciar elos existentes entre indivíduos, instituições e áreas de pesquisa, a análise de citações pode ser considerada a ferramenta mais importante da bibliometria (ARAÚJO, 2006). Spinak (1998) apresenta diversos indicadores que podem ser confeccionados a partir da citação: índice de atividade, afinidade, atração, imediatez, “popularidade”, isolamento, abertura e, finalmente, o de impacto.

Entender o comportamento da citação é uma tarefa complexa, estudada tanto pela Ciência da Informação quanto pela Sociologia da Ciência (GLANZEL *et al.*, 2006). Enquanto a primeira se refere às citações como sinais deixados para trás após a informação ter sido utilizada, a última

vê a citação como uma representação do comportamento social da comunidade de determinada área.

Desta forma, para que se possa compreender a função da citação, é preciso considerá-la, também, como parte do comportamento da comunidade científica, pela qual pode ser observada a confiança, a autoridade, a credibilidade ou o papel do conhecimento já acumulado (SKILTON, 2006; NORONHA, 1998).

Para Weinstock (1971) *apud* Glanzel *et al.* (2006), existe apenas três razões pelas quais a citação ocorre:

- a) Citação positiva: na qual ocorre o acolhimento da ideia/estudo pela comunidade científica, passando, assim, a integrar o corpo teórico da disciplina;
- b) Citação neutra: que visa apenas contextualizar o estudo ou reconhecer os pioneiros da área;
- c) Citação negativa: na qual a ideia/estudo não é acolhida e a citação indica repúdio ou reivindicações.

As razões ou motivações que levam um autor a citar ou não determinada fonte bibliográfica, conforme sugeridas pelos autores acima, indicam que as citações não têm o mesmo peso e nem a mesma função em um texto acadêmico. Esta constatação, entretanto, não necessariamente invalida o uso das citações para fins de política científica, pois toda classe de citações, mesmo as negativas, podem ser entendidas como pertinentes ao expressar o uso/impacto da informação.

O uso de citações, como instrumento de avaliação científica, têm sido, até agora, muito mais comum nas Ciências Naturais. Entretanto, como apontam Archambault *et al.* (2006), isso está mudando com a ampla adoção dos instrumentos bibliométricos para avaliação científica, por parte das agências de fomento à pesquisa. A expansão deste tipo de processo de avaliação para as Ciências Sociais e Humanas pode ser um motivo de preocupação, uma vez que elas apresentam uma atividade científica mais fragmentada, o que dificulta a formação de núcleos “sólidos” de periódicos, além das diferenças em suas práticas de comunicação científica (HICKS, 1999).

Acrescenta-se, ainda, a deficiente cobertura de publicações em outros idiomas que não o inglês, pelas bases de dados científicas internacionais, além do fato de que é prática comum nas ciências sociais a publicação de artigos de interesse local (RAAN, 2005a).

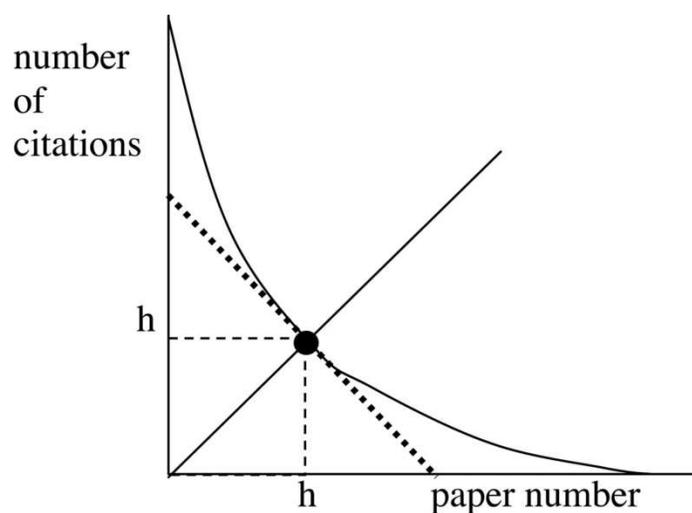
Apesar dos diferentes pesos e das limitações inerentes à citação, inclusive metodológicos, que acarretam em “perdas” de citações, como: variações em nomes de autores, dados bibliográficos com erros ou incompletos e de afiliação institucional de difícil determinação (RAAN, 2005b), a contagem e análise das mesmas são um marcador importante na aferição de mérito de um pesquisador no campo científico (LILLQUIST; GREEN, 2010). Tal reconhecimento é a principal razão pela qual um novo indicador vem ganhando espaço: o índice h.

3.3 O índice h: indicador bibliométrico combinado de produção e citação científica

A avaliação individual do pesquisador para fins de reconhecimento, progressão acadêmica e de fomento para suas atividades de pesquisa, é uma atividade crítica para as agências de financiamento e para os institutos de pesquisa e universidades em seus processos de contratação e promoção de pessoal altamente qualificado. Valendo-se desta necessidade e do argumento de que o impacto de um periódico torna-se menos importante, à medida que os artigos estão disponíveis em ambiente eletrônico, o índice h vem se destacando, transferindo o foco da avaliação do impacto do periódico para o impacto do pesquisador (WOHLIN, 2009).

O índice, proposto pelo físico Jorge Hirsch, tem como objetivo quantificar a atividade científica e mensurar o impacto de pesquisadores, baseando-se nos seus *papers* mais citados. Para Hirsch (2007), o índice h de um pesquisador é o número de documentos publicados com pelo menos h citações cada, ou seja, como podemos observar na figura 1, o valor de h é o maior número de artigos de um autor específico que possui, pelo menos, o mesmo número de citações.

Figura 1 – Curva Índice h



Fonte: HIRSCH (2005).

O índice visa a caracterizar a produção científica acumulada de um pesquisador e apresenta algumas características importantes: o índice h é um valor que nunca decresce no decorrer da trajetória de um pesquisador, porém, à medida que se avança no valor do índice, requer dele maior esforço; seu aumento não é linear, pois o indicador não é totalmente influenciado pelo número de trabalhos publicados, mas está fortemente associado ao número de citações; e seu valor depende da natureza da área do pesquisador (OLIVEIRA; GRACIO, 2011).

Para Dorta-González e Dorta-González (2010), trata-se de um indicador vigoroso, que concentra aspectos quantitativos e qualitativos (visibilidade), uma vez que se pode traçar uma relação entre o valor de h e a reputação de um pesquisador, segundo a avaliação por seus pares.

O índice é um indicador que tende a valorar o esforço científico e, segundo Hirsch (2005), preferível a outros indicadores tradicionalmente utilizados para avaliar a atividade científica de um pesquisador: número total de artigos, número total de citações e média de citações por artigo.

Por ser um valor simples de calcular e permitir sua utilização em diversas áreas do conhecimento, o índice vem se destacando como ferramenta de avaliação científica, levando em conta tanto a produtividade quanto a “qualidade” dos artigos, uma vez que o método é baseado nas citações recebidas (HASELEN, 2007). Além disso, apresenta várias vantagens ao combinar

dados da trajetória do pesquisador (produtividade com citação), usar dados de fácil acesso nas bases científicas (Web of Science e Scopus) e não ser sensível a valores extremos, como o fator de impacto, resultando em valores difíceis de serem corrompidos (BOULD *et al.*, 2011; BATISTA; CAMPITELI; KINOUCI, 2006).

Alguns autores consideram o índice h como o número áureo da avaliação de pesquisadores, argumentando que este se baseia em um método quantitativo válido para todas as ciências e disciplinas (GÁLVEZ; AMEZCUA, 2006). Contudo, a validade de sua aplicação universal causa controvérsia entre analistas de Política Científica e Tecnológica (PC&T), uma vez que o índice h, como ponderam Franceschini e Maisano (2010), está sujeito a um conjunto de críticas, entre as quais se destacam as seguintes:

- a) Não leva em conta autocitações, taxa que não é pequena entre os pesquisadores mais jovens, sendo justamente, nessa fase da carreira, que o índice h é mais frequentemente utilizado para avaliação, promoção ou comparação entre pares (SCHREIBER, 2007);
- b) Não leva em conta as características das publicações - uma vez que não é possível uniformizar os canais de comunicação científica - o que pode interferir no seu valor final (SIDIROPOULOS; KATSAROS; MANOLOPOULOS, 2007);
- c) O valor do índice h pode ser alterado por citações feitas de forma incorreta. Apesar dos esforços recentes das principais bases científicas, a padronização na entrada dos dados de autoria ainda é uma questão que pode interferir nos dados de citação; e
- d) Por apresentar fórmula simplista, o índice h descarta muitos dados do registro do artigo, detalhes que poderiam revelar fatos latentes da rede de citação e levar a avaliações mais equilibradas (SIDIROPOULOS; KATSAROS; MANOLOPOULOS, 2007).

Outra crítica importante são os problemas existentes na comparação entre diferentes áreas do conhecimento. Por essa razão, o uso do índice h tem gerado desconfiança na comunidade científica, já que se sabe que existem grandes diferenças entre as áreas de conhecimento, no que tange aos mecanismos de divulgação do resultado de suas atividades de pesquisa. O exemplo mais claro é a diferença existente nos padrões de publicação e práticas de citação entre as Ciências Naturais e as Sociais, que, como aponta o estudo de Archambault *et al.* (2006),

apresentam, respectivamente, maior produção de *papers* com orientação internacional/universal e livros com orientação local/regional. Esta preferência de uma e outra área por canais particulares de publicação de resultados de pesquisa, gera diferenças marcantes nas taxas de citação em bases de dados internacionais (GUERRERO-BOTE *et al.*, 2007), tendo em conta que parte importante dessa produção está excluída das bases.

Em vistas disso, Antonakis e Lalive (2008) ressaltam que, dadas às especificidades de cada área do conhecimento, as taxas de citação variam muito entre as áreas, resultando em um valor de *h* muito acentuado em algumas disciplinas e drasticamente atenuado em outras.

Estas diferentes práticas, como aponta Meadows (1999), estão intimamente ligadas ao desenvolvimento histórico das várias áreas do conhecimento e das disciplinas que compõem cada uma delas, razão pela qual não é possível, através da aplicação de um indicador, uniformizar os indicadores de análise das diferentes áreas. No entanto, o próprio Meadows (1999) aponta para a existência de similaridades nas práticas de algumas áreas, e o estudo de Batista, Campiteli e Kinouchi (2006) vê, apesar das diferenças marcantes entre as áreas do conhecimento, a possibilidade do uso do índice *h* para comparar pesquisadores de disciplinas com práticas semelhantes.

Tendo em conta as limitações apresentadas e, conforme já apontado acima, este estudo busca explorar diferenças e semelhanças entre áreas do conhecimento, calculando o índice *h* para os pesquisadores paulistas, que são beneficiados com bolsas de produtividade nível 1-A e 1-B do CNPq em quatro áreas do conhecimento - Física, Genética, Agronomia e Sociologia. Procura-se, além disso, analisar o grau de variabilidade/persistência do índice *h*, em cada uma destas áreas.

3.4 Procedimentos metodológicos

As bolsas de produtividade em Pesquisa do CNPq são concedidas a pesquisadores com alto desempenho científico, com o objetivo de distinguir seu trabalho e valorizar sua produção. Os pesquisadores detentores dessas bolsas são considerados a elite da comunidade em sua respectiva área do conhecimento, sendo a bolsa um critério para permitir o acesso a diversos

canais de fomento, à coordenação de institutos nacionais de pesquisa (INCTs) e para avaliar os programas de pós-graduação pela CAPES.

Entre os critérios para concessão estão a produção científica, a participação na formação de recursos humanos e itens específicos estabelecidos pelos Comitês de Assessoramento (CAs) de cada área do CNPq⁵. Portanto, ao selecionar os bolsistas produtividade 1-A e 1-B, automaticamente se selecionaram os pesquisadores com maior reputação em suas respectivas áreas do conhecimento.

A escolha por pesquisadores afiliados a centros de pesquisa do estado de São Paulo teve como foco uniformizar as condições de pesquisa da amostra, o importante papel dos centros de pesquisas paulistas no contexto nacional e a necessidade de restringir o universo de pesquisadores, visando a otimizar a coleta de dados.

A seleção das áreas de conhecimento obedeceu à divisão tradicional de três grandes blocos: Ciências Exatas e Engenharias, Ciências da Vida e Ciências Humanas e Sociais. Foi analisado o comportamento do índice h de pesquisadores de, pelo menos, uma disciplina representativa de cada um destes blocos: Física, Genética, Agronomia e Sociologia.

Apenas para Ciências da Vida, área com maior número de pesquisadores no Brasil e, certamente, a de maior tradição em pesquisa que remonta ao século XIX, optou-se por uma disciplina básica (Genética) e uma aplicada (Agronomia), visando identificar se a orientação mais básica ou mais aplicada se manifesta no comportamento diferenciado de publicação e citação, como indica a literatura (VELHO, 2008a).

A lista de pesquisadores bolsistas 1-A e 1-B de cada área foi obtida do cadastro do CNPq, através dos comitês de Física, Genética, Agronomia e Sociologia.

⁵ Disponível em: <http://www.cnpq.br/view/-/journal_content/56_INSTANCE_0oED/10157/100343>. Acesso em: 10 jul. 2010.

O universo da amostra é composto por 154 pesquisadores. A Tabela 1 apresenta a distribuição de bolsistas 1-A e 1-B nas áreas abrangidas pelo estudo, podendo ser observado um acúmulo de bolsas de produtividade na Física e Agronomia, áreas que possuem muitas interfaces de estudo e abrangem um grande número de subdisciplinas.

Tabela 1 – Bolsistas produtividade CNPq (São Paulo) por disciplina

Disciplinas	Pesquisadores 1-A	Pesquisadores 1-B	Nº. Bolsistas
Física	38	31	69
Genética	11	12	23
Agronomia	16	22	38
Sociologia	14	10	24

Fonte: CNPq (2009).

A fonte de informação empregada para a coleta de dados sobre o índice h dos pesquisadores foi a base de dados Scopus. A escolha da Scopus deve-se à sua abrangência: 16.000 títulos de 4.000 editoras, sendo a base de dados com maior cobertura de publicações internacionais e brasileiras ocorridas a partir de 1996⁶, e sua atuação pioneira na implementação do índice h, como ferramenta bibliométrica de sua plataforma.

A coleta dos dados relativos à publicação, à citação e ao índice h foi realizada isoladamente para cada pesquisador, através da ferramenta *Author Search* da base Scopus. Os dados dos diversos pesquisadores foram consolidados em planilha do *software* Excel, a partir da qual, foram realizados os cálculos de média de publicações, de citações e de índice h.

3.5 Resultados e discussão

A partir dos dados coletados na base Scopus, foi produzida tabela que visa a apresentar elementos que indiquem as diferentes práticas de publicação e citação nas áreas estudadas, além de permitir estabelecer valores de referência do índice h.

⁶ Disponível em: <<http://www.info.scopus.com>>. Acesso em: 02 abr. 2010.

A seguir, exploram-se os valores obtidos através da média aritmética das publicações, citações e índice h por disciplina, com o objetivo de encontrar padrões dentro das áreas e explorar as possibilidades de uma análise comparativa.

A Tabela 2 apresenta os valores de índice h, de publicação e de citação encontrados para as áreas de Física, Genética, Agronomia e Sociologia.

Tabela 2 – Média de índice h, citação e publicação

Disciplinas	Pesquisadores 1-A			Pesquisadores 1-B		
	h índice(1)	Publicação(2)	Citação(3)	h índice	Publicação	Citação
Física	13	136	1143	11	91	605
Genética	15	114	1342	11	56	646
Agronomia	7	50	358	6	37	248
Sociologia	0	1	0,5	1	4	5

Fonte: SCOPUS (2009).

Legenda:

- (1) Média aproximada do índice h;
- (2) Média aproximada de publicação; e
- (3) Média aproximada de citação.

Para a área de Física, pode-se notar que a diferença dos valores de h entre os pesquisadores 1-A e 1-B é de dois pontos; já os valores encontrados para publicação e citação são bem diferentes, chegando a quase 50% menos de citações recebidas pelos bolsistas 1-B.

Apesar de fortemente influenciado pelo elevado número de citações, o índice h não é uma média das citações dos autores, mas um valor encontrado a partir da concentração de citações em um conjunto de artigos, o que pode explicar a pouca diferença encontrada no índice h de pesquisadores 1-A e 1-B. Os valores próximos de índice h para estas duas categorias de pesquisadores indica que o número de artigos de grande impacto dos dois grupos de pesquisadores é bastante próximo.

Em Genética, os dados encontrados mostram que a disciplina apresenta valores de índice h próximos aos de Física, sendo o índice para pesquisadores 1-A superior ao de seus pares da Física e o de pesquisadores 1-B em Genética equivalente ao dos físicos. Este resultado reforça a ideia apresentada por Gigh (2002), de que Física e Biologia (Genética), enquadradas no âmbito das Ciências Naturais, compartilham as mesmas práticas e dinâmica de produção de conhecimento.

O que chama atenção é a média menor do número de publicações da área de Genética, mas com número de citação superior ao da disciplina de Física. Para Vieira e Gomes (2010), a maior distribuição de citações para a área de Ciências da Vida, em detrimento das Ciências Naturais, está relacionada à cultura de publicação das duas áreas, a exemplo do número médio de referências por documento, que é mais elevado em disciplinas biológicas.

Na área de Agronomia, a diferença do índice h entre pesquisadores 1- A e 1-B é de um ponto, menos acentuada que na área de Física. A diferença também é mais tênue no número de publicações e citações, indicando que os pesquisadores dos dois níveis apresentam produção científica mais homogênea.

Comparando-se com as disciplinas de Física e Genética, os valores de h , publicação e citação em Agronomia apresentam diferenças significativas das disciplinas citadas.

A disciplina de Sociologia, que representa a área de humanidades no estudo, é um caso a parte. Com valores de índice h quase nulos, a disciplina, hoje, não pode ser avaliada por suas práticas de publicação em bases de dados internacionais, pois possui uma cultura acadêmica distinta das apresentadas pelas áreas de Física, Genética e Agronomia que acompanham o *mainstream* internacional.

Analisar essas práticas, no âmbito de qualquer disciplina, é algo complexo que exige a coleta de dados qualitativos, para que se tenha um panorama mais completo; no entanto, os dados encontrados na base Scopus permitiram observar a diferença existente entre as disciplinas estudadas e a validade e viabilidade do uso do índice h .

No caso das disciplinas Física e Genética, que apresentaram valores de h muito próximos, pode-se dizer que são disciplinas que atendem demandas globais por conhecimento, contando com um núcleo de periódicos bem definido, como apontam Larivière *et al.* (2006) e Archambault *et al.* (2006), resultando em índices positivos nas bases internacionais. Outro dado a ser considerado é que a área de pesquisa básica, com alto grau de consolidação paradigmática, tende a publicar em um número mais restrito de periódicos – esse conjunto restrito concentra as publicações e citações (VELHO, 2008a).

Assim, a maturidade destas disciplinas e a sofisticação de seus métodos de pesquisa reforçam a ideia de Batista, Campiteli e Kinouchi (2006), de que é possível analisar diferentes áreas com práticas semelhantes. Porém, a média de citação de ambas as disciplinas indica que cada uma apresenta suas especificidades e que suas práticas de citação são influenciadas por sua cultura acadêmica e mesmo por fatores intrínsecos à publicação, tais como número de coautores, número de endereços, número de páginas, número de referências e pelo impacto do periódico (VIEIRA; GOMES, 2010). Para Glanzel e Thijs (2004), a taxa média de citação entre artigos de pesquisadores da área de Ciência da Vida e Ciências Naturais cresce com o número de coautores e, segundo Peters e van Raan (1994), o impacto, o tamanho do artigo e o número de referências são fatores relacionados.

O que torna comparações transdisciplinares do índice h algo delicado, uma vez que indicador é muito dependente da produção e da disciplina científica (ANTONAKIS; LALIVE, 2008).

No caso de Agronomia, ainda que o índice h guarde correlação com os níveis de bolsa produtividade, pode-se notar que o número médio de trabalhos publicados e de citações recebidas por cada pesquisador de agronomia é muito menor do que o valor encontrado para as áreas de pesquisa básica e mais internacionalizada (Física e Genética). Esses dados refletem a realidade da disciplina que, como afirma Velho (2008b), se concentra em problemas que tendem a ser geograficamente localizados, e a simples transferência de resultados de um país para outro, ou de uma região para outra no mesmo país, na maioria das vezes, não se aplica. Em consequência, boa

parte dos resultados é publicada em periódicos de menor impacto - com visibilidade nacional e regional, ou em outros canais de divulgação. Tendo em vista esta realidade, a base de dados Scopus reflete apenas parte da produção científica dos pesquisadores da Agronomia, aquela publicada em periódicos internacionais indexados.

Soma-se a isso o caráter aplicado de boa parte da pesquisa em Ciências Agrárias que, segundo Imperial e Rodriguez-Navarro (2007), apresentam citação inferior a das áreas básicas.

Na área de Sociologia, os valores quase nulos indicam que, atualmente, o uso do índice h é inviável para a área, uma vez que, para Soares, Souza e Moura (2010), a estratégia de promover a visibilidade da Sociologia por meio de publicações tem falhado, sendo evidenciado pela vida curta de periódicos da área e a importância dada pelas Ciências Humanas e Sociais para os livros e outros documentos no processo de comunicação científica (LARIVIÉRE *et al.*, 2006). No entanto, o estudo identificou dados superiores para os pesquisadores 1-B em relação aos 1-A, o que poderia indicar mudanças nas práticas da disciplina no Brasil, tradicionalmente alinhada à escola francesa mais filosófica, menos experimental (SOARES; SOUZA; MOURA, 2010) e, por isso, não tão propensa a divulgar seus trabalhos por meio de periódicos indexados.

3.6 Considerações finais

Parece existir uma convergência entre os valores de índice h e nível de bolsa de produtividades nas áreas de Física, Genética e Agronomia. Ou seja, os valores mais altos de índice h, em cada uma destas três áreas, correspondem aos pesquisadores de nível 1-A, decrescendo para os pesquisadores 1-B. Portanto, pode-se inferir que o índice h, nestas áreas, é convergente com o julgamento dos pares. Na área de Sociologia, entretanto, isso não ocorre, e o fato de ter-se encontrado dados ligeiramente superiores para os pesquisadores 1-B em relação aos 1-A de Sociologia, pode indicar o início de mudanças nas práticas de publicação da disciplina no Brasil e a influência de políticas indutoras de C&T.

Apesar dos indícios de possíveis mudanças na disciplina, torna-se premente que as agências de fomento e outros órgãos de avaliação encontrem medidas adequadas para quantificar e agregar valor à produção brasileira em Sociologia.

Os dados do estudo também demonstram que o valor de h pode sofrer grande variação, dependendo da área de aplicação, o que ressalta a importância de se conhecer as práticas de publicação, de forma a compreender suas diferenças e estabelecer um valor padrão de h para cada disciplina.

Apesar desta diferença de valores encontrados para o índice h, ilustra-se sua empregabilidade em disciplinas que tenham como prática divulgar seus resultados através da publicação de *papers* em revistas indexadas, como é o caso da Física, Genética e, em parte, a Agronomia. Isto, importante ressaltar, desde que sejam observadas as especificidades de cada disciplina, os valores padrão de h refletirão as distintas características de cada área do conhecimento.

Não se deve esquecer que, como destaca Alonso *et al.* (2009), os problemas apresentados pelo índice h são igualmente notados em qualquer indicador bibliométrico baseado na citação, o que reforça o desafio para que os gestores de política em Ciência e Tecnologia viabilizem novas metodologias que representem os processos científicos das mais diversas disciplinas, principalmente as que ainda não são medidas de forma satisfatória pelos indicadores já existentes.

3.7 Referências

ALONSO, S. *et al.* H-index: a review focused in its variants, computation and standardization for different scientific fields. *Journal of Informetrics*, v. 2, p. 273-289, 2009.

ANTONAKIS, J.; LALIVE, R. Quantifying scholarly impact: IQp versus the hirsch h. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 59, n. 6, p. 956-969, 2008.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em Questão*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.

ARCHAMBAULT, E. *et al.* Benchmarking scientific output in the social sciences and humanities: The limits of existing databases. *Scientometrics*, Budapest, v. 68, n. 3, p. 329-342, 2006.

BATISTA, P. D.; CAMPITELI, M. G.; KINOUCI, O. Is it possible to compare researchers with different scientific interests? *Scientometrics*, Budapest, v. 68, n. 1, p. 179-189, 2006.

BORNMANN, L.; HANS-DIETER, D. What do we know about the h index? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 58, n. 9, p. 1381-1385, 2007.

BOULD, M. D. *et al.* H-indices in a university department of anaesthesia: an evaluation of their feasibility, reliability, and validity as an assessment of academic performance. *British Journal of Anaesthesia*, v. 106, n. 3, p. 325-30, 2011.

CNPq. **Bolsas em curso**. Disponível em:

<http://plsql1.cnpq.br/divulg/RESULTADO_PQ_102003.curso>. Acesso em: 10 nov. 2009.

COSTAS, R.; BORDONS, M. The h-index: Advantages, limitations and its relation with other bibliometric indicators at the micro level. *Journal of Informetrics*, Amsterdam, v. 1, p. 193-203, 2007.

DORTA-GONZÁLEZ, P.; DORTA-GONZÁLEZ, M. I. Indicador bibliométrico basado en el índice h. *Revista Española de Documentación Científica*, v. 33, n. 2, p. 225-245, 2010.

FRANCESCHINI, F.; MAISANO, D. A. Analysis of the Hirsch index's operational properties. *European Journal of Operational Research*, v. 203, p. 494-504, 2010.

GÁLVEZ TORO, A.; AMEZCUA, M. El factor h de Hirsch: the h-index. Una actualización sobre los métodos de evaluación de los autores y sus aportaciones en publicaciones científicas. *Index Enferm*, Granada, v. 15, n. 55, p. 38-43, 2006.

GIGCH, J. P. van. Comparing the Epistemologies of Scientific Disciplines in Two Distinct Domains: Modern Physics versus Social Sciences. *Systems Research and Behavioral Science*, v. 19, p. 199-209, 2002.

GLANZEL, W.; THIJS, B. Does co-authorship inflate the share of self-citation? *Scientometrics*, v. 61, n. 3, p. 395-404, 2004.

GLANZEL, W. *et al.* A concise review on the role of author self-citations in information science, bibliometrics and science policy. *Scientometrics*, Budapest, v. 67, n. 2, p. 263-277, 2006.

GUERRERO-BOTE, V. P. *et al.* Import-export of knowledge between scientific subject categories: The iceberg hypothesis. *Scientometrics*, Budapest, v. 71, n. 3, p. 423-441, 2007.

HASELEN, R. van. The *h*-index: A new way of assessing the scientific impact of individual CAM authors. *Complementary Therapies in Medicine*, v. 15, p. 223-227, 2007.

HICKS, D. The difficulty of achieving full coverage of international social science literature and the bibliometric consequences. *Scientometrics*, Budapest, v. 44, n. 2, p. 193-215, 1999.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 102, n. 46, p. 16569-16572, 2005.

HIRSCH, J. E. Does the h index have predictive power? *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 104, n. 49, p. 19193-19198, 2007.

IMPERIAL, J.; RODRIGUEZ-NAVARRO, A. Usefulness of hirsch's h-index to evaluate scientific research in Spain. *Scientometrics*, v. 71, n. 2, p. 271-282, 2007.

JOB, I.; ALVARENGA, L. Citações presentes em teses e perfis de pesquisadores: fonte de indícios para se estudar a área da educação física. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v.13, n.3, p. 151-166, 2008.

LARIVIÈRE, V. *et al.* The place of serials in referencing practices: comparing natural sciences and engineering with social sciences and humanities. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 57, n. 8, p. 997-1004, 2006.

LILLQUIST, E.; GREEN, S. The discipline dependence of citation statistics. *Scientometrics*, v. 84, n. 3, p. 749-762, 2010.

MEADOWS, A. J. Tradições da Pesquisa. In: MEADOWS, A. J. *A comunicação científica*. Brasília: Briquet de Lemos, 1999. p. 39-78.

NORONHA, D. P. Análise das citações das dissertações de mestrado e teses de doutorado em saúde pública (1990-1994): estudo exploratório. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 27, n. 1, p. 66-75, 1998.

OLIVEIRA, E. F. T. de; GRACIO, M. C. C. Indicadores bibliométricos em ciência da informação: análise dos pesquisadores mais produtivos no tema estudos métricos na base Scopus. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 16, n. 4, p. 16-28, 2011.

PETERS, H. P. F.; RAAN, A. F. J. van. On determinabts of citations scores: a case study in chemical engineering. *Journal of the American Society for Information Science*, v. 45, n. 1, p. 39-49, 1994.

RAAN, A. F. J. van. Measurement of Central Aspects of Scientific Research: Performance, Interdisciplinarity, Structure. *Measurement*, v. 3, n. 1, p. 1-19, 2005a.

RAAN, A. F. J. van. For your citations only? Hot topics in bibliometric analysis. *Measurement*, v. 3, n. 1, p. 50-62, 2005b.

ROUSSEAU, R. Reflections on recent developments of the h-index and h-type indices. *Collnet journal of Scientometrics and Information Management*, v. 2, n. 1, p. 1-9, june. 2008.

SCHREIBER, M. Self-citation corrections for the Hirsh index. *EPL Journal*, v. 78, p. 1-6, may. 2007.

SCOPUS. **Author Search**. Disponível em: <http://www.scopus.com/search/form.url>. Acesso em: 02 dez. 2009.

SIDIROPOULOS, A.; KATSAROS, D.; MANOLOPOULOS, Y. Generalized hirsch h-index for disclosing latent facts in citation networks. *Scientometrics*, v. 72, n. 2, p. 253-280, 2007.

SILVA, V. G. da. *Antropólogo e sua magia*. São Paulo: Edusp, 2000.

SKILTON, P. F. A comparative study of communal practice: Assessing the effects of taken-for-granted-ness on citation practice in scientific communities. *Scientometrics*, Budapest, v. 68, n. 1, p. 73-96, 2006.

SOARES, G. A. D; SOUZA, C. P. E de; MOURA, T. W. de. Colaboração na produção científica na Ciência Política e na Sociologia brasileiras. *Sociedade & Estado*, v. 25, n. 3, p. 525-538, 2010.

SPINAK, E. Indicadores cientiométricos. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 27, n. 2, p. 141-148, 1998.

VELHO, L. Ciências, publicações e avaliação. In: HOFFMANN, W. A. M.; FURNIVAL, A. C. (Org.). *Olhar: ciência, tecnologia e sociedade*. São Carlos: Pedro e João Editores: CECH - UFSCar, 2008a. p. 9-21.

VELHO, L. Publicação científica e avaliação nas Ciências Agrárias: pontos para discussão. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, set./out. 2008b.

VIEIRA, E . S.; GOMES, J. A. N. F. Citations to scientific articles: Its distribution and dependence on the article features. *Journal of Informetrics*, v. 4, n. 1, p. 1-13, 2010.

WHOLIN, C. A new index for the citation curve of researchers. *Scientometrics*, v. 81, n. 2, p. 521-533, 2009.

CAPÍTULO 4. - ANÁLISE CIENTOMÉTRICA DA ATIVIDADE CIENTÍFICA NA ÁREA DE SOLOS: O CASO DA AMÉRICA LATINA.

Publicação em: LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. Análise cientométrica da atividade científica na área de solos: o caso da América Latina. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, n. 172, 2011.

ISSN 1678-0892 (Online)

Classificação Qualis- CAPES- B 2 (2011)

Indexação: Base de Dados de Pesquisa Agropecuária e CAB Abstract

4.1. Introdução

A comunidade científica nos últimos anos tem demonstrado grande interesse na avaliação de sua atividade através da utilização de métodos cientométricos (KONUR, 2010). A cientometria também conhecida como “ciência da ciência” tem como foco estudar a mensuração e o progresso da ciência através de indicadores quantitativos (SILVA; BIANCHI, 2001), consistindo na aplicação de técnicas analíticas às publicações científicas.

Particularmente na Europa e Estados Unidos, os estudos quantitativos da literatura científica têm se convertido numa importante fonte de informação para os formuladores da agenda de Ciência e Tecnologia (ROA-CELIS, 2002) e, nos países em desenvolvimento, sua utilização é cada vez maior, sobretudo na aplicação e distribuição de recursos de fomento (BRAVO-VINAJA; SANZ-CASADO, 2008).

Diversas agências governamentais de fomento à pesquisa elaboram e utilizam indicadores cientométricos de produção científica. Um exemplo prático pode ser observado na publicação trienal da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação em São Paulo, que sempre conta com um capítulo dedicado aos dados cientométricos. Outra demonstração de uso são os requisitos de publicação e citação para concessão de bolsas produtividade do CNPq⁷.

Este estudo se insere nesse contexto ao aplicar as técnicas cientométricas para compreender as práticas de publicação de *papers* da área de solos na América Latina, visando obter indicadores a partir da análise de dados indexados na base Scopus, cujos autores estejam afiliados a instituições latino-americanas: Argentina, Belize, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Equador, Guatemala, Haiti, Honduras, Panamá, Paraguai, Peru, México, Nicarágua, República Dominicana, Uruguai e Venezuela.

⁷ <http://www.cnpq.br/cas/>

Os resultados permitirão observar a evolução da produção científica na área, seus principais atores, principais periódicos e o predomínio de temas de pesquisa, além de subsidiar políticas de fomento à pesquisa.

O estudo está estruturado de maneira a apresentar uma definição sucinta da área de solos, a metodologia utilizada e por fim os indicadores quantitativos da atividade científica refletida no número de publicações.

4.2. Caracterização da área de solos

O solo é um importante componente do ecossistema terrestre sendo à base de sustentação da vida, razão pela qual o interesse pelo solo ocorreu desde os primórdios da civilização humana. Estima-se que os primeiros registros de conhecimento a cerca do tema ocorreram na China por volta de 6.500 anos (a.C.), quando os solos foram classificados de acordo com a sua produtividade (PEREZ, 1997).

Como área do conhecimento, a Ciência do Solo é relativamente jovem: as raízes que a transformaram numa ciência autônoma começaram a despontar na segunda metade do século XIX (ESPÍNDOLA, 2009), apropriando-se de técnicas e ferramentas de ciências básicas como a química, física, biologia e matemática e as aplicando no contexto específico da agricultura e meio ambiente (BARETTO et al., 2008).

Um passo importante para consolidação da área ocorreu a partir de 1883 quando um grupo de pesquisadores liderados pelo russo Dokuchaev empreendeu esforços para demonstrar que o solo não era apenas um amontoado de partículas minerais, e sim um corpo complexo e dinâmico, resultado de inúmeros fatores genéticos e que merecia ser estudado (IBGE, 2007). Segundo Boulaïne (1984) apud Espíndola (2009), Dokuchaev estabelecia relações de interdependência entre o reino mineral e a natureza viva, de modo que sua influência no estudo dos solos pode ser comparada à de Darwin na biologia.

O papel do solo como um meio para a produção de alimentos logo se tornou o foco da disciplina que, em parte integrada com as ciências agrárias e ciências da terra, dirigiu seus esforços para temas como química, física, mineralogia, gênese, conservação de solos e nutrição de plantas (ANDERSON, 2006).

A segunda metade do século XX viu o desenvolvimento desenfreado nas áreas agrícolas, industrial e urbana causar a destruição do solo e de suas funções (PEDOLOGIA, 2008), o que trouxe novas demandas por conhecimento na área: relação solo e água, sustentação da biodiversidade e restauração ecológica, aumentando seu caráter interdisciplinar e levando a ciência do solo a novos horizontes. Desse modo, eleva-se a atividade científica da área que, atendendo as necessidades de outras disciplinas, agora está dispersa em uma ampla gama de periódicos (BARETTO, 2007).

4.3. Método

A metodologia utilizada no estudo foi à análise bibliométrica, que permite o recenseamento das atividades científicas e correlatas, por meio de análise de dados que apresentem as mesmas particularidades (KOBASHI; SANTOS, 2008). O indicador escolhido foi à análise de atividade (Publicação)⁸ que, segundo Maz-Machado et al. (2010) e Kobashi e Santos (2008), oferece uma visão global da atividade científica ao permitir identificar a quantidade de trabalhos sobre um determinado assunto, publicados em determinado período, por uma instituição específica ou difundidos em um conjunto de periódicos científicos.

Os indicadores de atividade também são úteis na análise da dinâmica das diferentes áreas científicas, inclusive na identificação de áreas emergentes ou consolidadas (FARIA et al., 2011).

Os registros considerados para a realização deste estudo são indicadores *outputs* do sistema de produção do conhecimento científico (*papers*) e foram coletados na base de dados Scopus - importante fonte multidisciplinar de informação científica, sendo à base de dados com

⁸ Construídos pela contagem do número de publicações por tipo de documento, por instituição, área de conhecimento e país, procurando refletir características da produção ou do esforço empreendido (GREGOLIN, 2005).

maior cobertura de publicações internacionais e latino-americanas ocorridas a partir de 1996⁹. É importante destacar que a base Scopus recebe crescente atenção, por abranger anualmente maior número de registros bibliográficos e por representar uma alternativa consistente de fonte global de informação científica (FARIA et al., 2011).

A expressão de busca (Quadro 1) foi elaborada a partir da combinação de termos aplicados aos campos: título, resumo e palavras-chave. Também foram utilizados termos no campo afiliação visando restringir a área geográfica, ano de publicação limitando o período (1999-2010) e tipo de documento para focar naqueles de interesse para a análise cientométrica. Os descritores para recuperação dos artigos relativos à área de solos foram selecionados a partir da experimentação de diversas estratégias de busca e visaram cobrir os temas abordados pelas comissões especializadas da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) e União Internacional de Ciência do Solo (IUSS).

Quadro 1. – Estratégia de busca para recuperação de dados sobre publicações científicas de países da América Latina em Ciência dos Solos na base de dados Scopus.

Expressão:

(TITLE-ABS-KEY("soil quality" OR "soil structure" OR "soil microorganism" OR "soil pollutants" OR "soil amendment" OR "soil erosion" OR "soil classification" OR "pedogenesis" OR "soil degradation" OR "soil aggregate" OR "soil conservation") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("soil science" OR "soil organic matter" OR "soil water" OR "soil pollution" OR "soil property" OR "soil analysis" OR "soil moisture" OR "soil mechanics" OR "soil chemistry" OR "soil nitrogen" OR "soil profile" OR "soil management" OR "agricultural soil") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("soil nutrient" OR "soil fertility" OR "soil study" OR "soil morphology" OR "pedology" OR "edaphology" OR "soil chemistry" OR "soil mapping" OR "digital soil mapping" OR "soil texture" OR "soil texture" OR "soil biology" OR "soil texture") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("Soil Mineralogy" OR "Soil Micromorphology" OR "Soil Clay" OR "Soil Development" OR "Soil Formation" OR "Soil Horizons" OR "Soil Class" OR "Soil Cover" OR "Soil Acidity" OR "Soil Depth" OR "Soil Series" OR "Soil Order" OR "Soil Survey" OR "Soil Research") AND PUBYEAR AFT 1998) AFFILCOUNTRY(brazil OR argentina OR uruguay OR paraguay OR chile OR venezuela OR peru OR bolivia OR colombia OR ecuador OR mexico OR guatemala

⁹<http://www.info.scopus.com>

OR panama OR haiti OR cuba OR belize OR "dominican republic" OR honduras OR "el Salvador" OR nicaragua OR "costa rica") AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "re") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "le"))

Registros: 5.554

Com base na estratégia de busca foi gerado o universo da produção científica da área de solos - discriminado por país latino-americano. Os 5.554¹⁰ registros recuperados sofreram tratamento automatizado através do software VantagePoint¹¹. Foi utilizado o software Excel para representação gráfica dos resultados.

4.4. Resultados

A partir dos dados coletados na base Scopus, foram produzidos indicadores cientométricos que vão nos permitir observar uma importante faceta da atividade científica latino-americana na área de solos. A Figura 1 apresenta o número de artigos indexados anualmente na área desde 1999 até 2009.

A Figura 1 demonstra um contínuo crescimento no número de publicações. Uma das causas prováveis desse crescimento é o perfil cada vez mais multidisciplinar da área apontado por Pedologia (2008) e Barreto (2007), além do destaque que a área vem recebendo nos últimos anos, em especial em temas relacionados à segurança alimentar, serviços ambientais e sustentabilidade (MENDONÇA-SANTOS, 2011).

¹⁰ Coleta efetuada em 07. Abr. 2010

¹¹ www.thevantagepoint.com

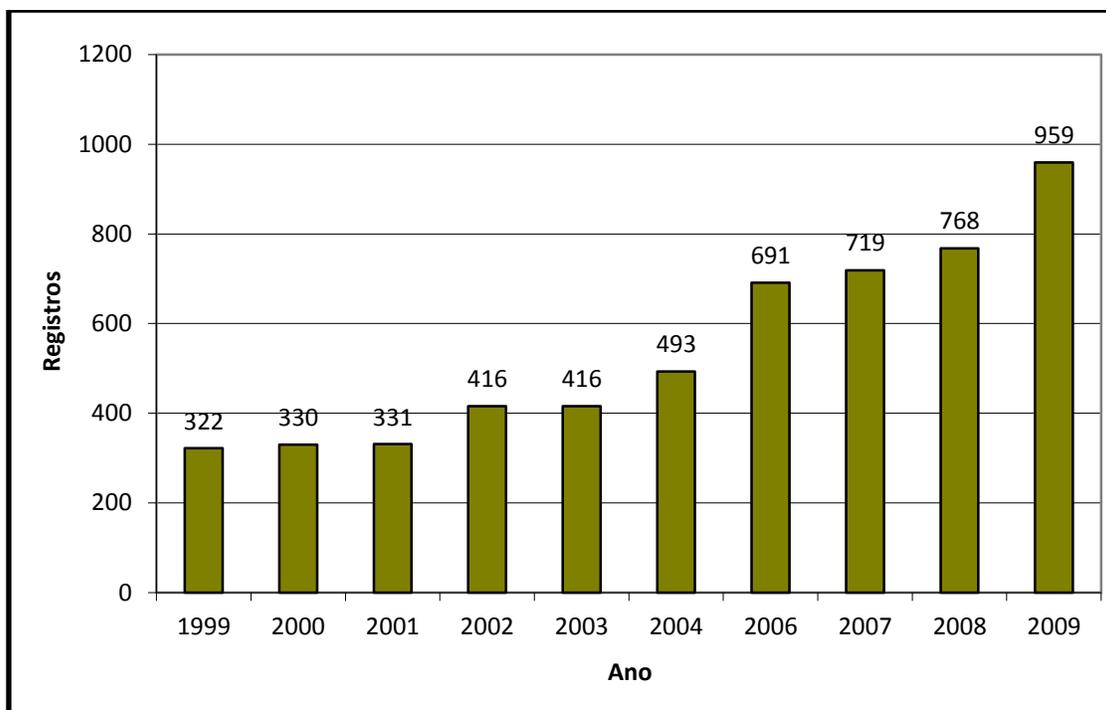


Figura 1. Número de artigos indexados por ano na área de solos no período de 1999-2009. Fonte: Scopus (2010).

O aumento da visibilidade dos periódicos latino-americanos através da ampliação do número de publicações indexadas na base Scopus é outro fator a ser levado em consideração ao avaliarmos o crescimento do período, uma vez que as bases internacionais têm buscado uma maior representatividade da atividade científica dos países em desenvolvimento.

Uma vez que a busca foi realizada no início de 2010, também cabe informar que a busca recuperou 109 registros deste ano que não foram incluídos na Figura 1 visando facilitar a interpretação do gráfico.

Na Figura 2 é apresentado o idioma original de publicação dos registros indexados, sendo possível observar que o inglês (principal idioma do meio científico) e o português (idioma oficial do Brasil) e espanhol (idioma oficial da maioria dos países da América Latina), são responsáveis pela ampla maioria dos registros.

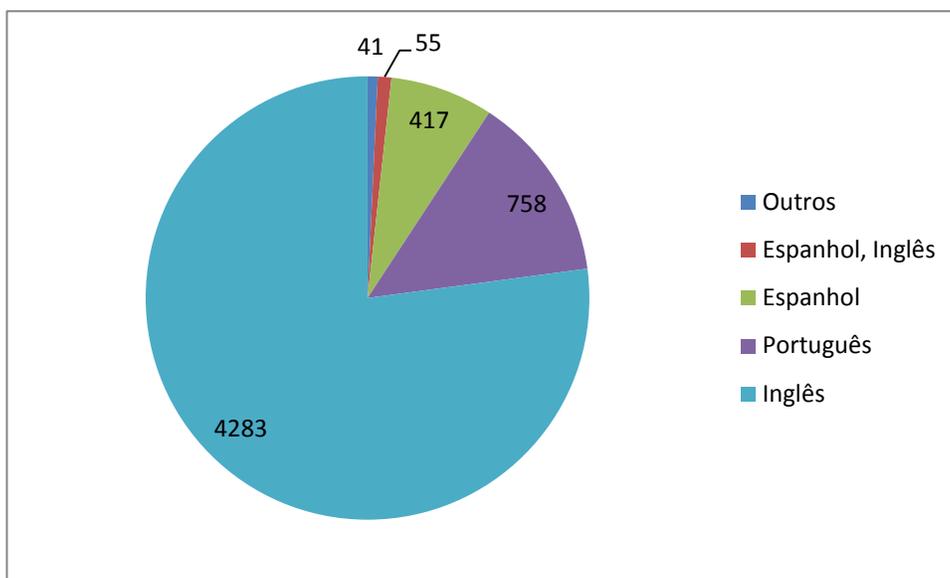


Figura 2. Distribuição das artigos da América Latina por Idioma, 1999-2010.
Fonte: Scopus (2010).

O fato de a maior parte da produção científica ter sido publicada em inglês pode indicar um alto grau de internacionalização do conhecimento produzido na área de solos na América Latina, bem como a utilização dos canais e redes formadas pelos pesquisadores através de cursos de pós-graduação no exterior. Outra explicação possível é o viés anglófono das bases internacionais (LIMA, 2007).

O número de registros em português em relação aos em espanhol indica que o Brasil, único país lusófono das Américas, contribui significativamente com artigos indexados na área. É interessante notar também a participação de artigos bilíngues e de outros idiomas.

A Figura 3 apresenta as principais termos usadas pelos autores no período. É possível observar que temas como fixação de nitrogênio, fertilidade do solo, uso de matéria orgânica e contaminação por metais pesados foram os principais termos de indexação utilizados.



Figura 3. Nuvem de palavras-chaves de artigos indexados na área de solos no período de 1999-2010. Fonte: Scopus (2010).

Outros temas de destaque são manejo do solo, biorremediação e erosão. A partir dos termos utilizados pelos autores, fica evidente um perfil de pesquisa da área, voltado atualmente para o manejo sustentável do solo.

Através dos termos é possível ter um indicativo da atuação da comunidade científica latino-americana, uma vez que os principais termos se enquadram no que podemos definir como ciência do solo aplicada - mais voltada a agricultura, silvicultura e fertilidade - em contraposição a pedologia geral, que aborda descrição e sistematização do solo (SCHROEDER, 1984 apud ESPÍNDOLA, 2009). Convém destacar que vários termos estão intimamente ligados ao que Rodriguez (1967) descreve como linhas mestras da pesquisa em solos na América Latina e ao que Vieira e Wambeke (2002) descrevem como temas de grande importância para o planejamento do uso do solo na região.

O alinhamento dos termos a temática de proteção dos solos publicada pela Comissão Européia (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2002), que destaca questões

como erosão, contaminação do solo, diminuição da matéria orgânica e da biodiversidade do solo, também indica uma produção regional alinhada aos temas globais da área.

Outro destaque é uso do termo “Cerrado” como indexador, o que nos remete à expansão, nas últimas décadas, da fronteira agrícola para esta região brasileira, até então inadequada ao plantio¹² e aos esforços para uso sustentável desse bioma¹³. Que pode ser explicado pela ampla contribuição do Brasil à produção científica da região (Figura 4).

No Quadro 2 é apresentada a lista dos principais periódicos que publicaram artigos na área de solos.

Quadro 2. Periódicos que mais publicaram artigo na área de solos no período de 1999-2010.

Ranking	Registros	País	Periódicos
1	228	Brasil	Pesquisa Agropecuária Brasileira
2	172	EUA	Communications in Soil Science and Plant Analysis
3	163	Países Baixos	Soil and Tillage Research,
4	153	Países Baixos	Geoderma,
5	121	Argentina	Ciencia del Suelo,
6	102	EUA	Soil Science Society of America Journal,
7	98	Brasil	Ciencia Rural,
8	93	Países Baixos	Forest Ecology and Management,
9	87	Países Baixos	Plant and Soil,
10	80	EUA	Soil Biology and Biochemistry,
11	75	Brasil	Revista Brasileira de Ciencia do Solo,
12	73	Reino Unido	Chemosphere,
13	71	Alemanha	Biology and Fertility of Soils,
14	69	Brasil	IRRIGA,
15	59	Brasil	Scientia Agricola,
16	57	Países Baixos	Agriculture, Ecosystems and Environment,
17	53	Países Baixos	Applied Soil Ecology,
18	52	Países Baixos	Science of the Total Environment,

¹² THE MIRACLE of the cerrado: Brazil has revolutionized its own farms. Can it do the same for others? **The Economist**, 26 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.economist.com/node/16886442>>. Acesso em: 8 fev. 2011.

¹³ <http://www.redecomcerrado.net/Site/conteudo/?SecaoCod=2>

19	46	Países Baixos	Catena,
20	43	Reino Unido	Journal of Arid Environments,
20	43	EUA	Soil Science,
20	43	Países Baixos	Water, Air, and Soil Pollution,

Fonte: Scopus (2010)

Entre as revistas listadas estão Geoderma, Soil Science e Soil Science Society of America Journal que, de acordo com Arvanitis e Chatelin (1994), são revistas de grande impacto e prestígio na área. Entre as revistas latino-americanas, verifica-se um predomínio de revistas brasileiras, com destaque para a Pesquisa Agropecuária Brasileira, Ciência Rural e Revista Brasileira de Ciência do Solo.

Ao analisarmos o volume de registros entre os principais periódicos, nota-se que a publicação em veículos externos a região é predominante. É apenas um indício, mas contradiz a afirmação de Arvanitis e Chatelin (1994) de que por diferentes motivos países latino-americanos, como o Brasil, publicam 92% de sua produção científica de ciência do solo em veículos nacionais.

Ainda em relação ao Quadro 2, é pertinente mencionar que, a exemplo da Figura 1, a cobertura temporal de indexação das revistas latino-americanas é um fator que pode estar influenciando os resultados apresentados e explicaria a posição da Revista Brasileira de Ciência do Solo no ranking.

A Figura 4 apresenta um ranking dos países latino-americanos, que no período analisado, mais publicaram artigos na área.

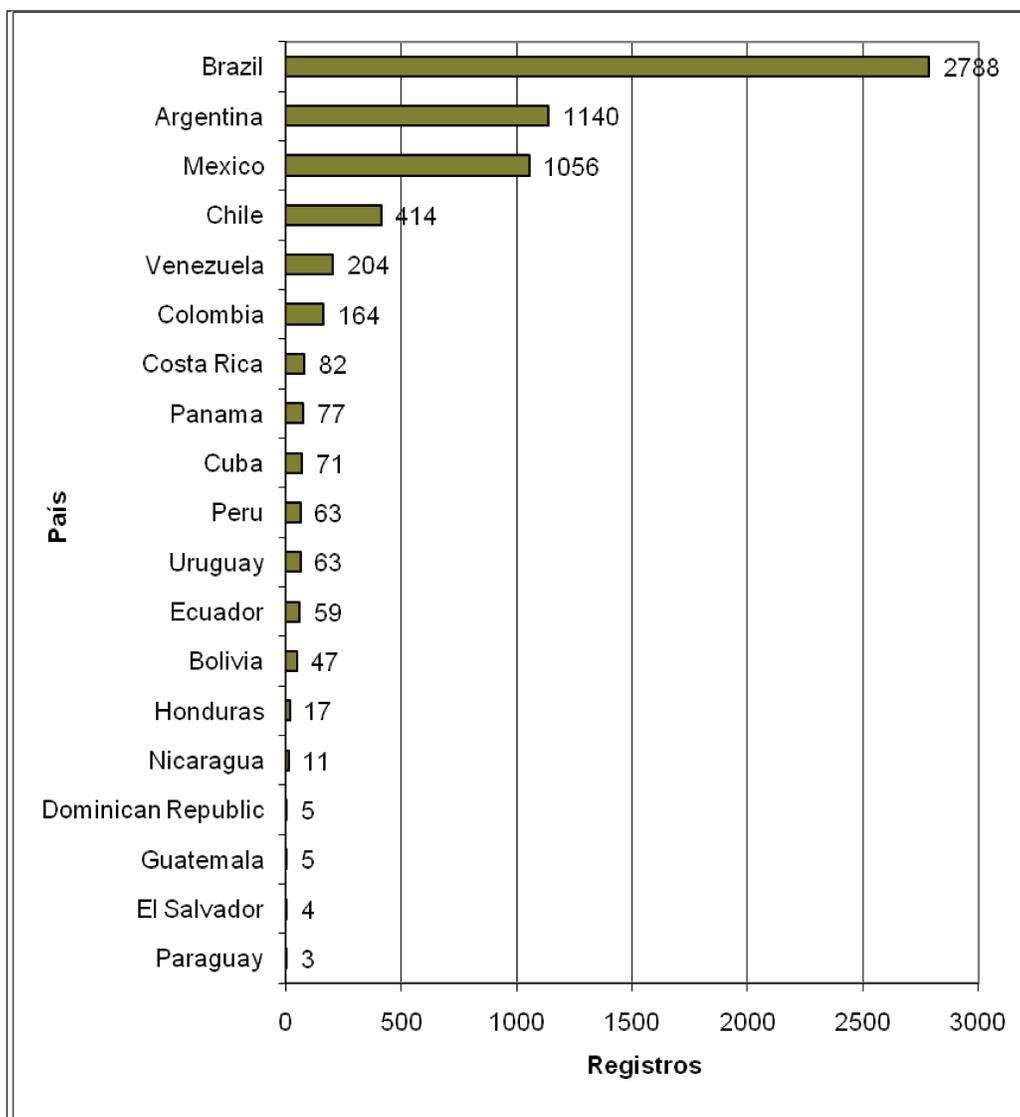


Figura 4. Países da América Latina que publicaram artigos na área de solos no período de 1999-2010. Fonte: Scopus (2010).

Podemos observar que a atividade científica latino-americana na área de solos se encontra fortemente concentrada em três países: Brasil, Argentina e México. A predominância destes reflete o mapa das principais economias da região, que também contam com maior superfície territorial e grande excedente de terras cultiváveis (RODRIGUEZ, 1967). Outro dado a ser levado em conta é a importância das ciências agrárias para estes países, a exemplo dos investimentos do México na pesquisa do tema (BRAVO-VINAJA, 2005) e da produtividade da agricultura brasileira e argentina (BARROS, 2010).

Outro dado que deve ser levando em conta é que os países que encabeçam a lista possuem importantes e sólidas agências de fomento e de pós-graduação, com destaque para o Brasil onde o sistema de pós-graduação compara-se favoravelmente não só com os demais países da América Latina como também com a de boa parte dos que integram a OCDE (DURHAM; SIMONIS, 2011). O fato de o Brasil contar com um número maior revistas indexadas¹⁴, também pode estar dando um viés brasileiro aos resultados.

Também é importante destacar a posição chilena no ranking, que pode ser explicada pelas demandas oriundas de sua natureza geográfica que apresenta uma grande diversidade de solos e climas. Além disso, o Chile conta com importantes reservas de matéria prima para a produção de fertilizantes – potássio e ácido sulfúrico (SAAB; PAULA, 2008).

Os países mencionados acima são seguidos em atividade por outras importantes economias da região: Venezuela e Colômbia. Outras contribuições significativas são da Costa Rica, Panamá, Cuba, Peru, Uruguai, Equador e Bolívia. A situação mais crítica é do Paraguai e de outros países de menor extensão territorial da porção central do continente americano.

A Figura 5 apresenta as principais instituições latino-americanas de produção de conhecimento na área de solos, a mesma reflete fortemente a Figura 4, ao elencar instituições do Brasil, Argentina, México e Chile. O gráfico exhibe uma predominância de instituições brasileiras (12), seguido por argentinas (4), chilenas (3) e uma mexicana.

¹⁴ <http://www.scopus.com/home.url>

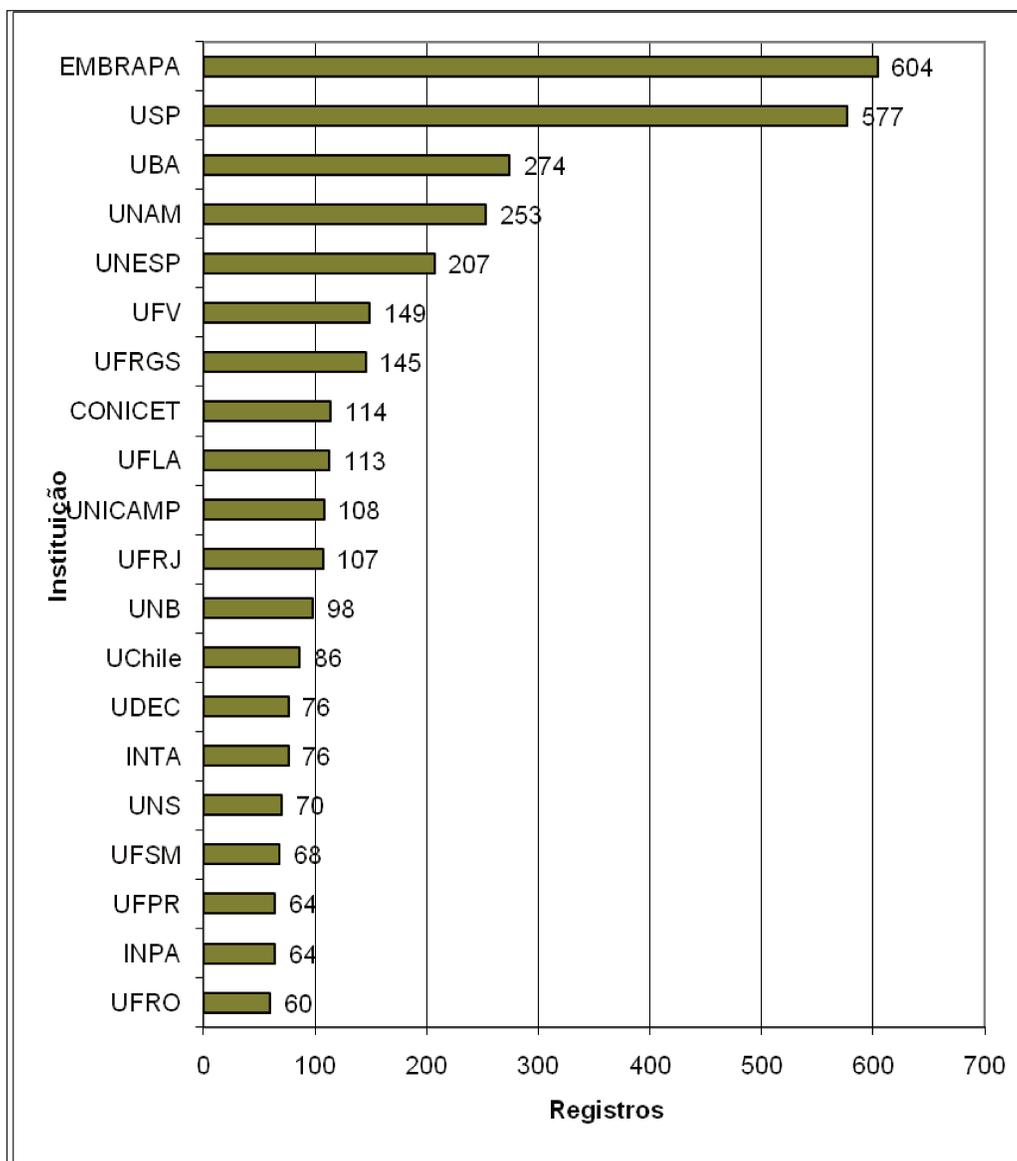


Figura 5. Instituições da América Latina que publicaram artigos na área de Ciência do Solo no período de 1999-2010. Fonte: Scopus (2010).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Universidade de São Paulo (USP) encabeçam a lista de instituições latino-americanas na área de solos. A primeira é uma instituição voltada exclusivamente para a pesquisa agropecuária e a USP por sua vez possui uma das mais prestigiadas escolas de agronomia da América Latina “Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”.

O protagonismo latino-americano da Embrapa pode ser explicado pela importância que a empresa dá ao tema solo, contando inclusive com um Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Embrapa Solos). Penteado Filho e Avila (2009) também destacam que os artigos publicados pela Embrapa na área de Ciência do Solo estão entre os de maior impacto da instituição. Outro ponto a ser mencionar é o pioneirismo da empresa na área de microbiologia do solo, notadamente na fixação de nitrogênio, a exemplo dos estudos da pesquisadora Johanna Döbereiner (BALDANI; BALDINI, 2005).

Outras instituições de destaque são a Universidade de Buenos Aires (UBA) e a Universidade Nacional Autónoma de México (UNAM), que dominam o Sistema de C&T de seus respectivos países.

Uma vez que as instituições brasileiras se mostraram predominantes no estudo, jugou-se pertinente destacá-las na Figura 6. Nota-se claramente que, com exceção da Embrapa e do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE), o conhecimento da área de solos no Brasil é produzido nas universidades com destaque para as instituições USP, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade Federal de Lavras (UFLA), todas contando com excelentes programas de pós-graduação na área de solos¹⁵.

¹⁵<http://www.capes.gov.br/avaliacao/cursos-recomendados-e-reconhecidos>

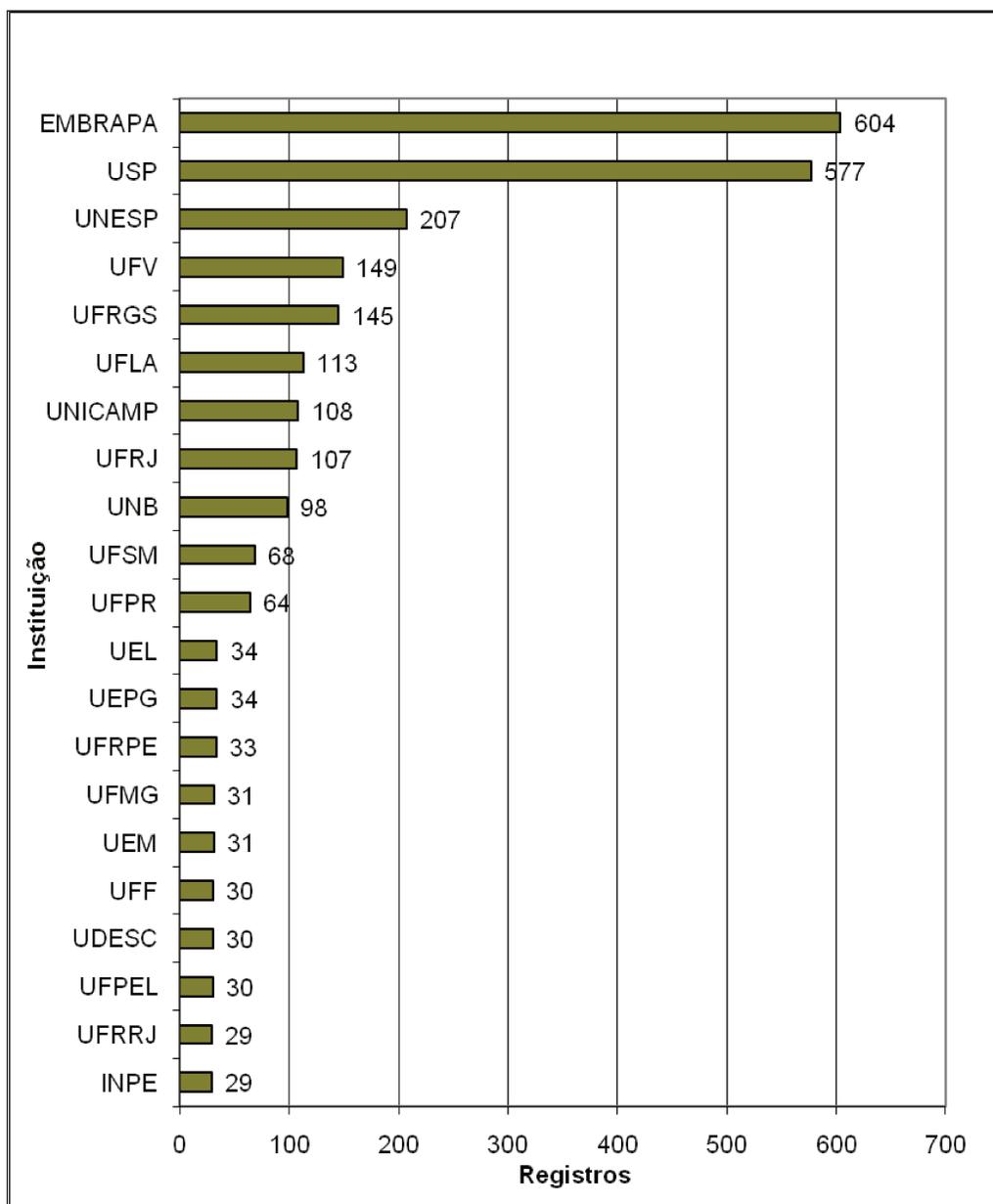


Figura 6. Instituições brasileiras que publicaram artigos na área de Ciência do Solo no período de 1999-2010. Fonte: Scopus (2010).

4.5. Considerações

A América Latina é uma região que possui grandes desafios quando ao manejo, conservação, recuperação, fertilidade e uso do seu solo (VIEIRA; WAMBEKE, 2002; FAO, 1999). O que está refletido nos indicadores que apresentam uma área em constante crescimento, com temas que refletem a nova realidade da área e uma considerável inserção internacional.

No entanto a atividade se encontra extremamente concentrada em poucos países da região (Brasil, Argentina e México), que juntos respondem por 79% da produção científica de solos. Razão pela qual se espera que as características encontradas no estudo possam ajudar os gestores de Política Científica e Tecnológica (PC&T) na área de Ciências Agrárias a pensar políticas específicas de fortalecimento da pesquisa na área de solos, sobretudo nos países que se mostraram periféricos em termos de atividade científica, mas que também apresentam grandes desafios no tema.

4.6. Referências

ANDERSON, D. Soil science through field glasses. In: HARTEMINK, A. E. (Ed.). **The future of soil science**. Wageningen: International Union of Soil Sciences, 2006. 165 p.

ARVANITIS, R.; CHATELIN, Y. Bibliometrics of tropical soil sciences: some reflections and orientations. In: McDONALD, P. (Ed.). **Literature of Soil Science**. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

BALDANI, J. I.; BALDANI, V. L. D. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 77, n. 3, p. 549-579, 2005.

BARRETO, A. G. O. P. **História e geografia da pesquisa brasileira em erosão do solo**. 119 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BARRETO, A. G. O. P.; BARROS, M. G. E.; SPAROVEK, G. Bibliometria, história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2443-2460, 2008.

BARROS, G. S. de C. Política agrícola no Brasil: subsídios e investimentos. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. **A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: IPEA, 2010. 298 p.

BRAVO-VINAJA, A. **Análisis bibliométrico de la producción científica de México en Ciencias Agrícolas a través de las bases de datos internacionales: *Agricola, Agris, Cab Abstracts, Science Citation Index, Social Science Citation Index y Tropag & Rural*, en el período 1983-2002**. 397 f. 2005. Tese (Doctorado en Documentación Científica) – Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.

BRAVO-VINAJA, A.; SANZ-CASADO, E. Análisis bibliométrico de la producción científica de México en Ciencias Agrícolas durante el período 1983-2002. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 31, n. 3, p. 187-194, 2008.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: towards a thematic strategy for soil protection**. Brussels: COM, 2002. 179 p.

DURHAM, E. R.; SIMONIS, A. (Coord.). Perfil do ensino superior: graduação acadêmica, graduação tecnológica e pós-graduação. In: BRENTANI, R. R.; BRITO CRUZ, C. H. De. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, 2011.

ESPÍNDOLA, C. R. Os primórdios de uma ciência para o estudo dos solos. In: ESPÍNDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a pedologia**. Campinas: Ed. Unicamp, 2009. p. 57-67.

FAO. **¿Qué tierra quiere dejar a sus hijos?:** el uso de materiales de extensión y procesos de comunicación para la participación en la conservación del suelo. [Santiago]: FAO, 1999.

FARIA, L. I. L. de.; GREGOLIN, J. A. R.; HOFFMANN, W. A. M.; QUONIAM, L. Análise da produção científica a partir de publicações em periódicos especializados. In: BRENTANI, R. R.; BRITO CRUZ, C. H. De. **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2010**. São Paulo: FAPESP, 2011.

GREGOLIN, J. A. R.; FARIA, L. I. L.; HOFFMANN, W. A. M.; QUONIAM, L.; QUEYRAS, J. Análise da produção científica a partir de indicadores bibliométricos. In: LANDI, F. R.; GUSMÃO, R. (Org.). **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004**. São Paulo: Fapesp, 2005, v. 1, p. 1-44.

IBGE. **Manual técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

KONUR, O. The scientometric evaluation of the research on the algae and bio-energy. **Applied Energy**, 2010. Doi: 10.1016/j.apenergy. 2010.12.059.

KOBASHI, N. Y.; SANTOS, R. N. M. dos. Arqueologia do trabalho imaterial: uma aplicação bibliométrica à análise de dissertações e teses. **Enc. Bibli**, Florianópolis, n. esp. 2008.

LIMA, R. A. **Análise bibliométrica da atividade científica em bioprospecção (1986-2006)**. 108 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MAZ-MACHADO, A.; TORRALBO-RODRIGUEZ, M.; VALLEJO-RUIZ, M.; BRANCHO-LÓPEZ, R. Análisis bibliométrico de la producción científica de la Universidad de Málaga en el Social Sciences Citation Index. **Revista Española de Documentación Científica**, Madrid, v. 33, n. 4, p. 584-599, 2010.

MENDONÇA-SANTOS, M. de L. Situação atual e tendências da Ciência do Solo no Brasil. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIENCIA DO SOLO. 2., 2011, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: UFPR, 2011.

PEDOLOGIA. Salvador: FTC, 2008. 95 p.

PENTEADO FILHO, R. de C.; AVILA, A. F. D. **Estudo das citações dos artigos da Embrapa na Web of Science de 1977 a 2006**. Brasília: Embrapa, 2009. (Embrapa. Texto para Discussão, 37).

PEREZ, D. V. **A ciência do solo como uma das chaves para entender o ambiente global**. 38 f. 1997. Monografia (Especialização em Análise e Avaliação Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ROA-CELIS, A. **A dinâmica da comunidade científica na produção do conhecimento: um estudo da imunologia no Brasil e na Colômbia**. 2002. 235 f. Tese (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RODRIGUEZ, M. Desarrollo de la ciência Del suelo en los últimos 25 años em America Latina. In: AMERICA INSTITUTE OF AGRICULTURAL SCIENCES. **Las ciências agrícolas en America Latina**. San José: IICA, 1967. 656 p.

SAAB, A. A.; PAULA, R. de A. O mercado de fertilizantes no Brasil: diagnósticos e propostas de políticas. **Política Agrícola**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 5-24, 2008.

SILVA, J. A. da; BIANCHI, M. de L. P. Cientometria: a métrica da ciência. **Paidéia**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 21, p. 5-10, 2001.

VIEIRA, M. J.; WAMBEKE, J. Van. Planificación del uso de la tierra enfocada al suelo y el agua: la experiencia de la fao en américa latina y el caribe. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO. 14., 2002. Cuiabá, MT. **Anais...** Cuiabá: SBCS, 2002.

CAPÍTULO 5 - A PRÁTICA DA COLABORAÇÃO CIENTÍFICA NA ÁREA DE CIÊNCIA DO SOLO: O CASO DA AMÉRICA LATINA.

Submetido para publicação em: LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. A prática da colaboração científica na área de Ciência do Solo: o caso da América Latina. Artigo submetido para publicação em periódico A2.

Classificação Qualis- CAPES- A 2

Indexação: Scielo, Scopus e Web of Science.

Publicação relacionada: LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. Indicadores bibliométricos de colaboração científica na área de Ciência do Solo. In: HAYASHI, M. C. P. I.; LETA, J. (Org.). **Bibliometria e Cientometria**. São Carlos: Pedro e João Editores, 2011. (Anexo I).

5.1. Introdução

Ainda é comum no imaginário popular a figura do cientista solitário, trabalhando isolado em seu laboratório e fazendo, sozinho, grandes descobertas. No entanto, esta imagem faz cada vez mais parte do passado (se é que algum dia tenha sido verdadeira), pois a prática científica está cada vez mais dependente da diligência dos grupos de pesquisa em trabalhar em sistemas colaborativos, à medida que os grandes temas de estudo e os problemas da sociedade se tornaram globais e multidisciplinares (HOEKMAN et al., 2010). Tendo em vista esta nova realidade, tornou-se prioritário para a área de Política Científica e Tecnológica (PC&T) mapear e estudar os processos envolvidos na colaboração e suas implicações para a organização da ciência (KRETSCHMER, AGUILLO, 2004 ; KATZ; MARTIN, 1997).

O *modus operandi* da ciência tem mudando rapidamente, com a criação de redes internacionais e dinâmicas de pesquisa cuja prática de colaboração é vista pelas agências de PC&T como imprescindível à prática científica contemporânea (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005). Desta forma, estimular a participação da ciência nacional nas redes de pesquisa internacional é hoje considerado essencial ao desenvolvimento econômico, cultural e científico dos países em desenvolvimento (OCDE, 2003).

Embora seja crescente o interesse pelo tema, estudar a colaboração científica é algo complexo, uma vez que as práticas da produção de conhecimento científico apresentam diversas interfaces (ABRAMO et al., 2009). Neste estudo, optou-se por analisar aspectos da colaboração científica que se concretizam em coautorias de publicações e que, portanto, podem ser captados pela identificação da produção científica contida em bases bibliográficas internacionais. O foco do estudo é a área de Ciência de Solo produzida por países da América Latina no período de 1992 a 2010.

Optou-se por analisar os dados da área de Solos pela visibilidade da área de agrárias que desempenha um papel importante no aumento da visibilidade da pesquisa científica latino-

americana (KRAUSKOPF, 1995). A escolha do período analisado teve o objetivo de limitar o estudo, sem perda de atualidade dos dados.

O texto está estruturado em quatro seções principais: breve caracterização da prática de colaboração científica e do uso de coautoria para análise de colaboração; apresentação da metodologia de coleta dos dados extraídos da base Scopus no período de 1999-2010; apresentação e análise dos resultados obtidos dispostos em mapas bibliométricos e considerações finais.

5.2. A prática da colaboração científica

A colaboração científica pode tomar diferentes formas, desde um aconselhamento e discussão geral de ideias até uma participação ativa em um projeto de pesquisa específico. A contribuição de cada parte também pode variar em nível, desde substantiva até praticamente negligível. Um colaborador pode, por exemplo, apenas fornecer material ou realizar alguma operação de rotina. Em outros casos, pesquisadores de diferentes organizações podem colaborar através do uso coletivo de dados ou do desenvolvimento conjunto de ideias, através de discussões em conferências, de visitas ou podem mesmo executar, de maneira separada, diferentes partes de um projeto e posteriormente integrar os resultados e análise. Os casos mais evidentes de colaboração, entretanto, são aqueles entre grupos de pesquisa estabelecidos e as relações que se estabelecem entre mestre e aprendiz, típicas nos cursos de pós-graduação¹⁶.

Dada a importância e a abrangência da colaboração científica, ela tem sido estudada a partir de diferentes perspectivas teóricas e metodológicas. Iniciando com os estudos pioneiros de Merton (1973), a análise da colaboração associada ao sistema de recompensa na ciência, tem sido um enfoque marcante (WHITLEY, 1984; WAGNER, 2004). Outra perspectiva, bastante influente entre os chamados novos sociólogos da ciência, ou construtivistas, usando técnicas de observação participante ou etnográficas, busca entender como, através de suas interações

¹⁶ Para uma tipologia das diversas formas e motivações para colaboração científica ver Luukonen et al., (1992) e Katz, (1994).

ordinárias (entre si e com outros atores sociais), os pesquisadores geram e validam o conhecimento científico (LATOURE, 1987; KNORR-CETINA, 1999; LAUDEL, 2001). Outros autores têm focado a questão a partir da perspectiva de como os meios de comunicação modernos afetam a habilidade e a disposição dos pesquisadores de trabalharem de forma colaborativa, mesmo quando geograficamente distantes entre si, focando principalmente no papel das tecnologias de informação e comunicação (SIEGEL et al., 1986; STARR, 1995). A partir de uma perspectiva política, outros grupos de autores têm estudado, por exemplo, como a colaboração científica é afetada pelas relações internacionais entre os países (CRAWFORD et al., 1993; SKOLNIKOFF, 2001), assim como pela política específica de ciência e tecnologia no nível nacional (SMITH; KATZ, 2000) e global (GEORGHIOU, 1998).

A grande maioria dos estudos, entretanto, tem como objetivo identificar as motivações e os fatores que influenciam, positiva e negativamente, a colaboração científica. Esta, sendo um processo intrinsecamente social, como qualquer outra forma de interação, é influenciada por diversos fatores (KATZ; MARTIN, 1997) que podem ser agrupados em fatores econômicos, científicos, culturais e geográficos (HOEKMAN et al., 2010). De maneira simplificada, os estudos de Narin et al. (1991), Katz (1994), Katz e Martin (1997), Bozeman e Corley (2004), Leydesdorff e Wagner (2008), Abramo et al. (2009), Hoekman et al. (2010) destacam os principais motivos e influências para a colaboração entre pesquisadores, quais sejam:

- Acesso a expertise: a especialização crescente das áreas científicas e os problemas cada vez mais complexos da sociedade estimulam a formação de equipes multidisciplinares para fazer frente aos novos desafios, o que favorece a colaboração. Áreas que são, por definição, interdisciplinares certamente apresentam forte tendência a colaborar mais do que setores “verticais” em que a pesquisa tende a ser mais “intramuros”;
- Acesso a recursos: a pesquisa científica é uma prática dispendiosa e seu alto custo tem levado à cooperação no sentido de diluir os gastos entre grupos de pesquisa e entre países interessados em problemas semelhantes, evitando a criação de capacidades redundantes;
- Visibilidade e prestígio: é comum a parceria com pesquisadores de maior prestígio na comunidade científica, objetivando maior visibilidade e impacto para suas atividades. Também é

apontado que as publicações decorrentes de projetos de colaboração internacional são citadas com maior frequência tendo, portanto, maior impacto;

- Laços pessoais: os laços criados entre alunos e orientadores durante o processo de aprendizagem em níveis de graduação e pós-graduação são condicionantes da escolha de parcerias científicas – tais laços estimulam a formação dos chamados colégios invisíveis;
- Produtividade: muitos pesquisadores vêm na prática de colaboração oportunidade para alcançar maior produtividade científica, tendo em vista que os esforços de pesquisa e de publicação são distribuídos;
- Espaço geográfico: a importância dos espaços geográficos é considerável, uma vez que pesquisadores de uma mesma determinada localidade podem interagir mais intensamente para a resolução de questões locais e regionais.

Além dos itens apontados, Abramo et al. (2009) também destacam que há uma tendência crescente e bem estabelecida por parte das agências de PC&T no uso de medidas específicas para promoção da cooperação científica, resultando em políticas que incitam a colaboração. Como exemplo, podem-se destacar as políticas da Comissão Europeia que apoiam a criação de redes e o comportamento das chamadas “*Big Science*” que apoiam iniciativas cujo caráter colaborativo e internacional é requisito fundamental para o financiamento (HOEKMAN et al., 2010).

Também são importantes no estabelecimento de parcerias científicas as tradições históricas e culturais (EL ALAMI et al., 1992) e o conjunto de crenças, valores e técnicas partilhadas por membros de uma determinada comunidade (KUHN, 1970 apud CHAVARIAS; COINTET, 2008).

As metodologias relacionadas ao estudo da colaboração científica se dividem em dois grupos: a primeira é qualitativa e visa pesquisar os fatores que motivam a colaboração; a segunda é foco deste artigo e visa, através da análise de dados bibliográficos, mapear e medir, de forma quantitativa, a ocorrência e a intensidade da colaboração.

5.2.1. Coautoria e estudo da colaboração científica

O método bibliométrico para análise da colaboração científica é o estudo de coautoria (GLANZEL, 2002), segundo o qual, através do registro da autoria múltipla e afiliação institucional dos autores, podem-se extrair informações sobre a colaboração. Entretanto, o juízo de que a autoria múltipla e colaboração científica são conceitos equivalentes deve ser qualificado à luz do pressuposto de que a coautoria é apenas uma das formas de manifestação da colaboração, não sendo, portanto, o único indicador de relação estabelecida entre pesquisadores (CELIS, 2002). Devem também ser levados em conta vários fatores associados à coautoria que transcendem a colaboração *per se* (PARREIRAS et al., 2006), tais como a existência de elementos subjetivos ligados ao crédito de autoria.

Dados de coautoria como medida de colaboração científica também, tem sido criticados por conta das bases de dados usada para construir os indicadores, qual seja, o Science Citation Index (hoje conhecido como Web of Science) e a Scopus, dado que ambas apresentam problema de cobertura das publicações de algumas áreas do conhecimento, especialidades e países (principalmente aqueles menos desenvolvidos e de língua não inglesa). (Narvaez-Berthelemot et alii, 1990).

Apesar de serem indicadores parciais e dos problemas de cobertura das bases, muitos estudos têm utilizado os dados de coautoria para mapear e analisar a colaboração. Isso se dá porque esse tipo de estudo quantitativo apresenta também algumas vantagens, tais como; i) constitui-se numa prática invariante e verificável já que permite o acesso a um conjunto razoável de dados e outros autores podem ser capazes de reproduzir os resultados; ii) constitui-se num método econômico e prático para quantificar colaboração; iii) o tamanho da amostra pode ser relativamente grande e os resultados estatísticos podem ser mais significativos que um estudo de caso; iv) não têm efeitos de reação imediata que afetem as relações de colaboração (KATZ, 1997).

Assim apesar da avaliação de coautoria apresentar limitações, ela é hoje um importante aferidor da prática de colaboração formal, sendo considerada um instrumento válido para análise

de colaboração entre diferentes instituições ou países (SANCHO et al., 2006), razão pela qual se optou pelo uso desta ferramenta na elaboração deste estudo.

O artigo busca mapear não só as coautorias entre os países da América Latina na área de Ciência do Solo, mas também expor como estas nações se relacionam com países de outras regiões. É necessário enfatizar que este estudo não abarca a totalidade da colaboração da região em Ciência do Solo, sendo somente o retrato disponível em uma das principais bases internacionais.

5.3. Método

A fonte dos dados usada no estudo é à base de dados multidisciplinar Scopus. A escolha deve-se à sua abrangência: 16.000 títulos de 4.000 editoras, sendo à base de dados com maior cobertura de publicações internacionais e latino-americanas ocorridas a partir de 1996¹⁷.

A expressão de busca, que pode ser observada no quadro 1, combina termos aplicados aos campos: título, resumo e palavras-chave para descrever o assunto (Ciência do Solo), com termos no campo afiliação visando restringir a área geográfica (América Latina), ano de publicação limitando o período (1999-2010) e tipo de documento para focar naqueles de interesse para a análise bibliométrica. Os descritores para recuperação dos artigos relativos à área de Solos foram escolhidos a partir da experimentação de diversas estratégias de busca.

¹⁷ <http://www.info.scopus.com>

Quadro 1. – Estratégia de busca para recuperação de dados sobre publicações científicas de países da América Latina em Ciência dos Solos na base de dados Scopus.

Expressão:

(TITLE-ABS-KEY("soil quality" OR "soil structure" OR "soil microorganism" OR "soil pollutants" OR "soil amendment" OR "soil erosion" OR "soil classification" OR "pedogenesis" OR "soil degradation" OR "soil aggregate" OR "soil conservation") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("soil science" OR "soil organic matter" OR "soil water" OR "soil pollution" OR "soil property" OR "soil analysis" OR "soil moisture" OR "soil mechanics" OR "soil chemistry" OR "soil nitrogen" OR "soil profile" OR "soil management" OR "agricultural soil") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("soil nutrient" OR "soil fertility" OR "soil study" OR "soil morphology" OR "pedology" OR "edaphology" OR "soil chemistry" OR "soil mapping" OR "digital soil mapping" OR "soil texture" OR "soil texture" OR "soil biology" OR "soil texture") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("Soil Mineralogy" OR "Soil Micromorphology" OR "Soil Clay" OR "Soil Development" OR "Soil Formation" OR "Soil Horizons" OR "Soil Class" OR "Soil Cover" OR "Soil Acidity" OR "Soil Depth" OR "Soil Series" OR "Soil Order" OR "Soil Survey" OR "Soil Research") AND PUBYEAR AFT 1998) AFFILCOUNTRY(brazil OR argentina OR uruguay OR paraguay OR chile OR venezuela OR peru OR bolivia OR colombia OR ecuador OR mexico OR guatemala OR panama OR haiti OR cuba OR belize OR "dominican republic" OR honduras OR "el Salvador" OR nicaragua OR "costa rica") AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "re") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "le"))

Registros: 5.554

A busca, restrita aos anos de 1999 a 2010, recuperou 5.554 artigos que sofreram tratamento bibliométrico automatizado através do software VantagePoint¹⁸, que possibilitou elaborar matrizes de colaboração. Foram utilizados os softwares Ucinet¹⁹ e Netdraw²⁰ na elaboração da rede de parcerias.

¹⁸ www.thevantagepoint.com

¹⁹ <http://www.analytictech.com/ucinet/>

²⁰ <http://www.analytictech.com/netdraw/netdraw.htm>

5.4. Resultados e Discussão

A partir dos dados coletados na base Scopus foram produzidos mapas de coautoria que permitem elucidar dimensões importantes da atividade científica na área de Ciência do Solo. Para uma melhor compreensão dos mapas é importante destacar que o tamanho dos nós é proporcional ao número de publicações e a espessura das linhas é proporcional ao número de coautorias.

Na figura 1 é retratada a colaboração científica entre países da América Latina, podendo ser observado que países como Brasil, México e Argentina são os principais produtores de conhecimento no tema, mantendo laços com a grande maioria dos países da região.

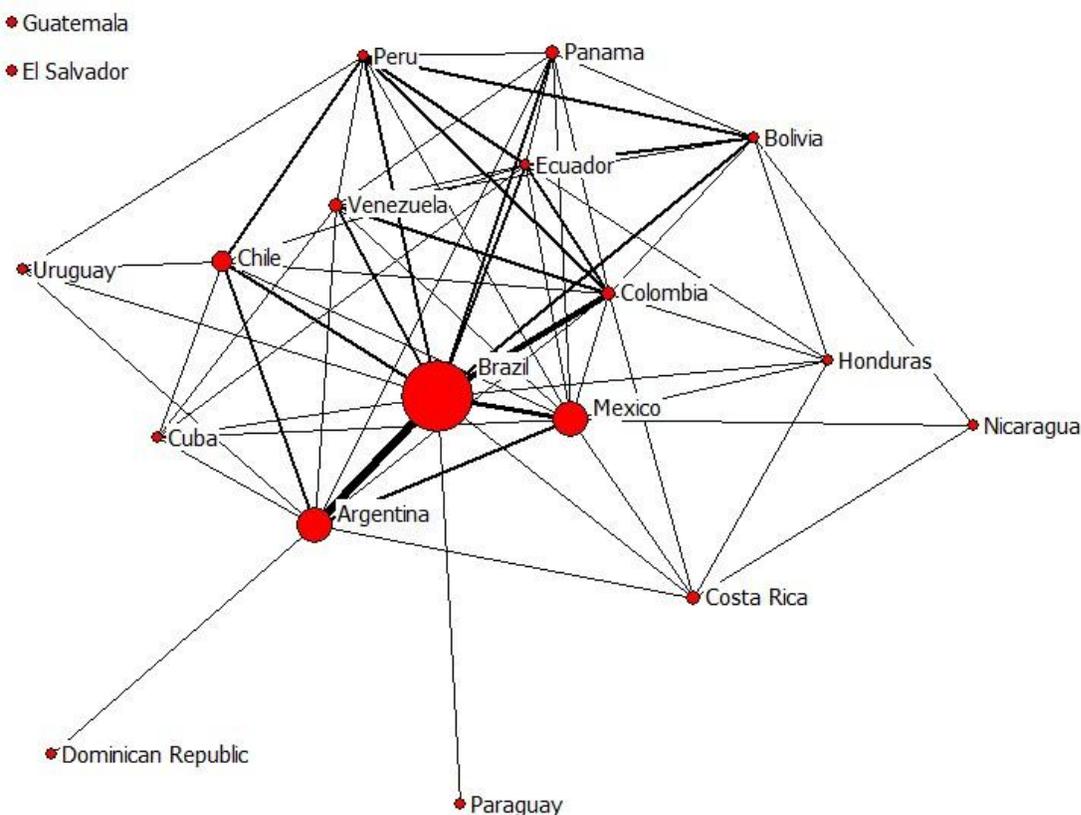
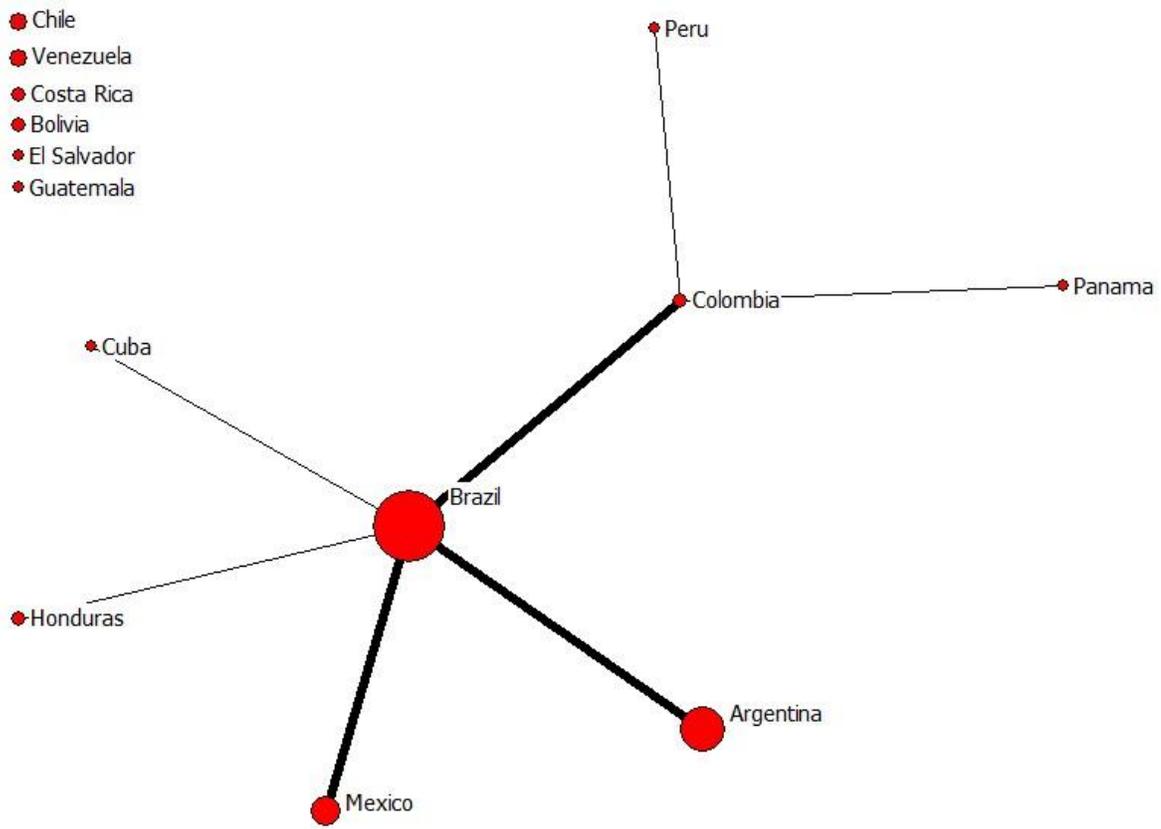


Figura 1 – Mapa de coautoria latino-americana na área de Ciência do Solo no período de 1999-2010, segundo dados extraídos da base de dados Scopus. Fonte: Scopus (2010).

É interessante destacar a forte colaboração entre alguns países da região com o Brasil: é o caso de Argentina, Colômbia e, em menor escala, do México. Na periferia do mapa estão concentrados os países da porção central do continente americano que não apresentaram coautoria com outros países da região e a República Dominicana que apresenta apenas laços de colaboração com a Argentina.

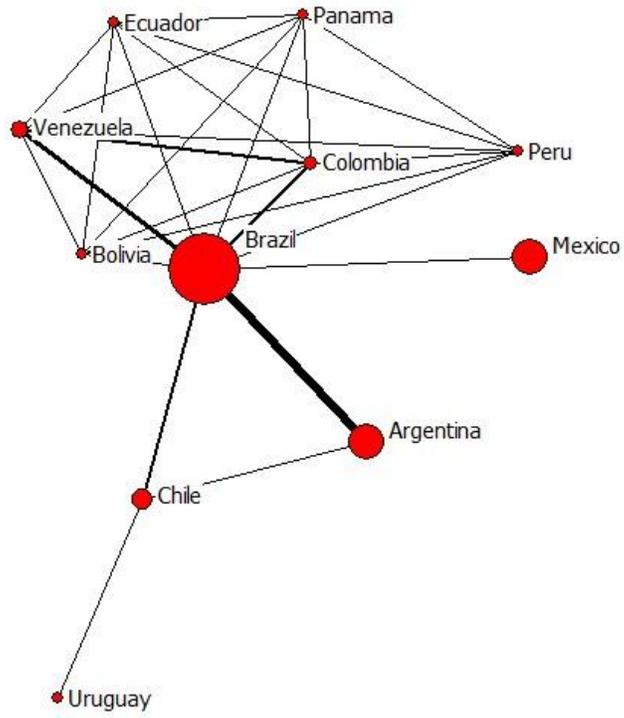
O mapa permite identificar os principais nós da rede de cooperação latino-americana: Brasil e Argentina no hemisfério sul e México na porção norte.

Na figura 2 é retratada a rede de cooperação latino-americana em três momentos: 1999, 2004 e 2009. Observa-se que o número de países que participam da rede aumenta, partindo de 8, para 11 e depois 14, além do incremento do número de colaborações, de 07, para 24 e depois 28 ligações, além de um expressivo aumento de intensidade das linhas, indicando que a rede de cooperação está crescendo e se tornando mais complexa.

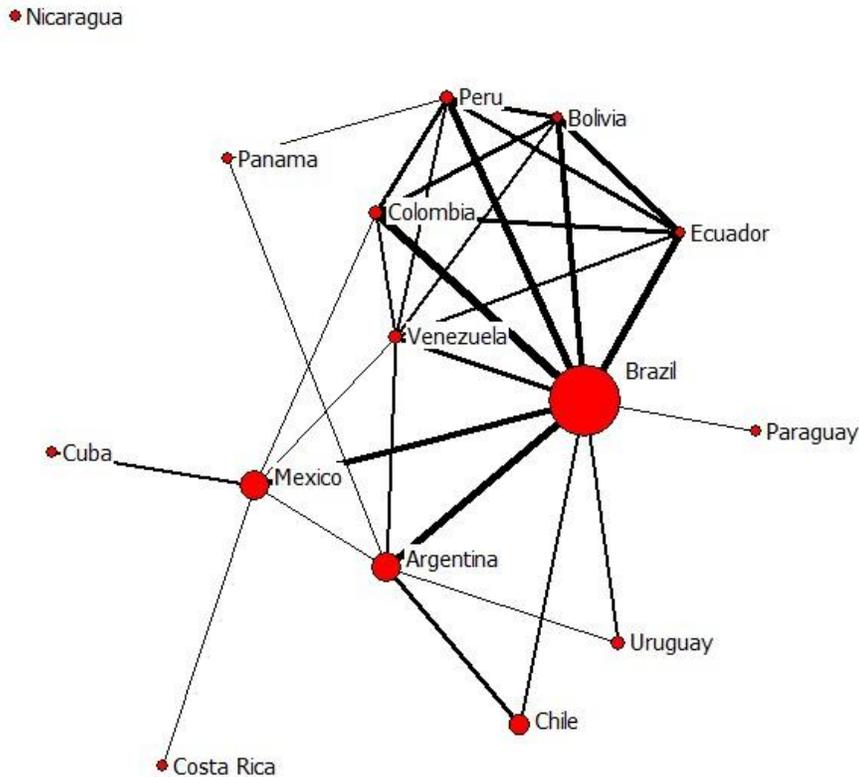


Mapa A - Ano: 1999.

- Costa Rica
- Cuba
- Nicaragua



Mapa B - Ano: 2004



Mapa C - Ano: 2009.

Figura 2 – Evolução da rede de coautoria da América Latina - período de 1999, 2004 e 2009, segundo dados extraídos da base de dados Scopus. Fonte: Scopus (2010).

Os mapas também indicam que nos anos de 1999 e 2004 o Brasil se destaca fazendo a conexão entre as sub-redes e que em 2009 existe maior colaboração entre os subgrupos, com México, Argentina, Colômbia e Venezuela fazendo ligações com vários países. As sub-redes também indicam um viés geográfico na colaboração da região, sendo possível observar um subgrupo no cone sul (Argentina-Chile-Uruguaí), um andino (Colômbia-Venezuela-Ecuador-Bolívia-Peru-Panamá) e outro composto por México, Costa Rica e Cuba.

A figura 3 apresenta a colaboração com países externos à região: a rede de cooperação se torna mais robusta, o que indica que a produção científica na área de Ciência do Solo é feita em grande parte através da cooperação com outras regiões do globo. Segundo Leydesdorff e Wagner (2008), este fenômeno pode indicar que a atividade científica da região busca a atuação com

Outro destaque é a considerável colaboração com França e Espanha, demonstrada pela quantidade de conexões de coautoria, que pode ser explicada pela união cultural e linguística entre o continente americano e estas duas nações.

Os dados apresentados retratam uma atividade científica fortemente alinhada ao *mainstream* internacional americano e europeu, o que provavelmente indica que a pesquisa em solos na região atende demandas globais por conhecimento. Também é interessante notar a parceria com países que compartilham as mesmas faixas climáticas e, por essa razão, apresentam problemas comuns na área de agricultura, como no caso da China, Índia e Austrália.

Além dos itens apontados, outro fator que influencia a rede de cooperação latino-americana são as redes sociais estabelecidas através de laços de aprendizado e tal fato pode ser exemplificado pelo quadro 2 que nos apresenta a distribuição de bolsas de formação e treinamento no exterior na área de Ciências Agrárias concedidas pela coordenação de pós-graduação do principal ator da região (Brasil).

Quadro 2 - Distribuição de bolsas Capes de formação e treinamento no exterior na área de Ciências Agrárias no período de 1999-2009.

Região	1999- 2000	2001- 2002	2003- 2004	2005- 2006	2007- 2008	2009	Total
EUA e Canadá	128	110	113	121	91	47	610
Europa	106	90	103	136	201	95	731
Ásia	1	0	0	0	0	0	1
Oceania	9	9	9	9	5	1	42
América Latina	2	1	2	1	2	2	10
							1394

Fonte: Geocapes (2010) ²¹.

²¹ GEOCAPES. Distribuição de bolsistas da Capes no exterior: ciências agrárias. Disponível em: <<http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/>>. Acesso em: 03 set 2010.

políticas na área de C&T e o fomento estatal presentes na quase totalidade dos países latino-americanos.

Entre as instituições brasileiras, merecem destaque a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Universidade de São Paulo (USP) como principais centros produtores de conhecimento na região e que apresentam cooperação com diversas instituições latino-americanas. Outras instituições de destaque são a Universidade de Buenos Aires (UBA) e o Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – (CONICET) na Argentina, a Universidade Nacional Autónoma no México e as Universidades de Concepción e de La Frontera no Chile.

A cooperação entre as instituições latino-americanas reflete os dados da figura 1 e, com exceção das universidades chilenas, o mapa apresenta apenas instituições dos principais países-nós na região.

Na figura 5 é possível observar os centros da região e seus principais parceiros externos. Através da rede de instituições, nota-se que os centros da região cooperam prioritariamente com instituições americanas e europeias.

5.5. Considerações finais.

Os indicadores aqui apresentados nos permitiram observar alguns fatores que influenciam a prática de colaboração científica e a própria dinâmica da área de Ciência do Solo na América Latina.

A intensa colaboração com os Estados Unidos e diversos países da Europa reflete a relação centro-periferia no que diz respeito ao acesso ao conhecimento e recursos, bem como aos principais veículos difusores de conhecimento da área. Desta forma, fatores como acesso a expertise, recursos e visibilidade podem estar influenciando fortemente a produção de conhecimento em solos na América Latina.

Os dados apontam ainda que a rede de aprendizagem, os componentes geográficos e linguísticos também influem na prática de colaboração entre os países latino-americanos e na escolha de seus parceiros externos, como foi visualizado no quadro 2 e nas figuras 2, 3 e 4.

Os mapas da figura 2 indicam que a rede de colaboração tem aumentado, no entanto, as tênues linhas de coautoria entre os países da região indicam a necessidade de políticas de fortalecimento da colaboração científica na região, bem como a rede exposta na figura 3 indica a necessidade de integração com países africanos e de outras regiões do globo que apresentem zonas pedoclimáticas semelhantes e que, provavelmente, compartilhem questões similares na área de solos.

Os dados de coautoria latino-americana na área de Ciência do Solo nos permitiram visualizar importantes aspectos da prática de colaboração ao mapear as redes e confirmar a interferência de diversos fatores, com claras implicações para a área de PC&T. No entanto é importante destacar que, apesar dos aspectos importantes levantados no estudo, a prática de colaboração científica é uma atividade complexa e requer, para composição de um retrato mais completo, o acesso a outros registros colaborativos e a estudos qualitativos da prática.

5.6. Referências

ABRAMO, G.; D'ANGELO, C. A.; DI COSTA, F. Research collaboration and productivity: is there correlation? **High Educ.**, v. 57, p.155–171, 2009.

BOZEMAN, B.; CORLEY, E. Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. **Research Policy**, v. 33, p. 599-616, 2010.

CELIS, A. R. **A dinâmica da comunidade científica na produção do conhecimento: um estudo da imunologia no Brasil e na Colômbia**. 2002. 235 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CHAVALARIAS, D.; COINTET, J. P. Bottom-up scientific field detection for dynamical and hierarchical science mapping, methodology and case study. **Scientometrics**, v. 73, n. 1, p. 249-263, 2008.

EL ALAMI, J.; DORE, J. C.; MIQUEL, J. F. International scientific collaboration in arab countries. **Scientometrics**, v. 23, n. 1, p. 249-263, 1992.

GLÄNZEL, W. Coauthorship patterns and trends in the sciences (1980.1998): a bibliometric study with implications for database indexing and search strategies. **Library Trends**, v. 50, p. 461.473, 2002.

HOEKMAN, J.; FRENKEN, K.; TIJSSEN, R. J. W. Research collaboration at a distance: changing spatial patterns of scientific collaboration within Europe. **Research Policy**, v. 30, p. 662-673, 2010.

IBGE. **Manual técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

KATZ, J. S.; MARTIN, B. R. What is research collaboration? **Research Policy**, v. 26, p. 1-18, 1997.

KRAUSKOPF, M.; VERA, M. I.; KRAUSKOPF, V.; WELLJAMS-DOROF, A. A citationist perspective on science in Latin America and the Caribbean, **Scientometrics**, v. 34, n. 1, p. 3-25, 1995.

KRETSCHMER, H.; AGUILLO, I. F. Visibility of collaboration on the Web. **Scientometrics**, v. 61, n. 3, p. 405-426, 2004.

LEYDESDORFF, L.; WAGNER, C. S. International collaboration in science and the formation of a core group. **Journal of Informetrics**, v. 2, p. 317-325, 2008.

NARIN, F.; STEVENS, K.; WHITLOW, E. S. Scientific cooperation in Europe and the citation of multinationally authored papers. **Scientometrics**, v. 21, n.3, p. 313-323, 1991.

OCDE. **Ministerial declaration on international science and technology co-operation for sustainable development**. Paris: DSTP/STP, 2003. 34 p.

PARREIRAS, F.; SILVA, A. B. de O.; MATHEUS, R. F.; BRANDÃO, W. C. RedeCI: colaboração e produção científica em ciência da informação no Brasil. **Perspectivas em ciência da informação**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, dez. 2006

SANCHO, R.; MORILLO, F.; DE FILIPPO, D. GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, M. T. Indicadores de colaboración científica inter-centros en los países de América Latina. **Interciencia**, v. 31, n. 4, 2006.

SANCHO, R.; MORILLO, F.; DE FILIPPO, D. GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, M. T. Indicadores de colaboración científica inter-centros en los países de América Latina. **Interciencia**, v. 31, n. 4, 2006.

WAGNER, C. S.; LEYDESDORFF, L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. **Research Policy**, v. 34, n. 10, p. 1608-1618.

CAPÍTULO 6. – SITUAÇÃO ATUAL E TENDÊNCIAS DA CIÊNCIA DO SOLO NO BRASIL.

A ser submetido para publicação em: LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. A Situação atual e tendências da Ciência do Solo no Brasil. Artigo submetido para publicação em periódico B2.

Classificação Qualis- CAPES- B 2

6.1. Introdução

A partir de 1980 e até o início de 2000, a área de Ciência do Solo viveu uma situação de crescente pessimismo, pois em todo o mundo houve grande redução de investimentos no tema, com conseqüente redução do interesse da sociedade pelos solos e agricultura, bem como cortes por parte dos governos, em investimentos para a pesquisa em solos (MERMUT; ESWARAN, 1997). Muitas universidades viram cair o número de estudantes na área de Ciências Agrárias e principalmente, de solos (HARTEMINK et al., 2008). Outro fator que contribuiu com o cenário negativo foi o isolamento da área de solos, que centralizou suas atividades no seu papel de descrever os solos em todos seus detalhes, relegando a segundo plano seu papel de aplicar o conhecimento adquirido e de interagir com outras ciências ou áreas correlatas na solução dos problemas.

Após o ano 2000, a Ciência do Solo voltou a ganhar destaque a partir de problemas globais que requerem a necessidade de dados e informação em escalas mais detalhadas e obtidas de forma mais rápida, como a produção de alimentos, fibras e bioenergia; mudanças climáticas; sustentabilidade; disponibilidade de água e serviços ambientais; degradação dos solos e a produção de novos fertilizantes; ou seja, questões que mobilizam tanto as políticas públicas quanto os investimentos privados.

Desse modo, podemos observar que o avanço da Ciência do Solo tem seu desenvolvimento atrelado às demandas da sociedade, como pode ser visualizado na Figura 1, o chamado "Índice Pedobarométrico".

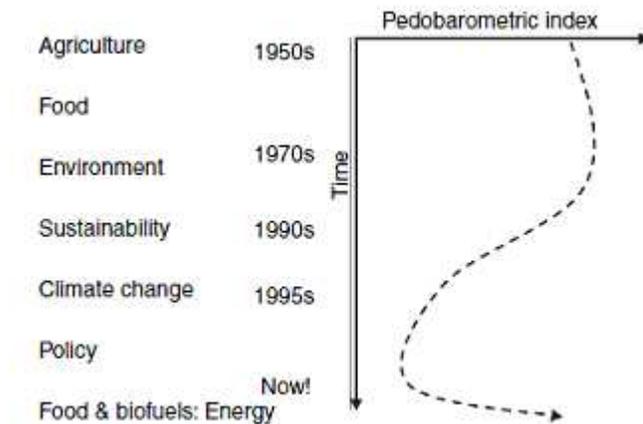


Figura 1. Temas atuais e focos da Ciência do Solo pós 2ª Guerra Mundial – atividade global e o impacto (Índice Pedométrico). Fonte: Hartemink (2008).

O índice foi composto com base em informações sobre a situação da Ciência do Solo no mundo, evidenciando períodos de crescimento, como o que aconteceu nas décadas de 60 e 70, com uma grande redução que se iniciou em meados da década de 80, quando houve grande redução de investimentos no tema.

No Brasil, a situação não foi diferente. Desde seu início nos anos 50, a Ciência do Solo e a Pedologia em particular tiveram também seus altos e baixos que seguiram a tendência mundial. Seu ápice se deu no passado, com o chamado "Programa Nacional de Levantamento de Solos", em caráter de reconhecimento ou exploratório, a fim de atender a demanda de informação básica sobre os solos, de forma rápida e de baixo custo, em um país que naquela época quase nada conhecia de seus solos. A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, assim como a Embrapa Solos, são oriundas desses tempos áureos (décadas de 50 e 60), onde se inicia a institucionalização da Ciência do Solo, bem como a capacitação e treinamentos dispensados aos nossos técnicos, culminando com o Projeto RADAM nos anos 70 (MENDONÇA-SANTOS; SANTOS, 2007).

A partir dos anos 80, iniciou-se um período difícil para a Ciência do Solo no Brasil e no mundo, com o fim dos programas governamentais, do financiamento da pesquisa para temas básicos, do desinteresse da sociedade como um todo e dos estudantes em particular, por um tema que não apresentava na época, inovações nos métodos e técnicas utilizados.

No período, era comum dizer em congressos e outros fóruns e por parte dos próprios especialistas, de que "o pedólogo é um ser em extinção" e que "a Ciência do Solo está morta e enterrada". Dentre os pessimistas, destacam-se White (1997) e Baveye et al. (2006) e outros tantos que assim se expressaram em diferentes meios.

Atualmente, pode se identificar claramente, um novo período de interesse e de crescimento da Ciência do Solo no Brasil e no mundo (HARTEMINK; MCBRATENY, 2008), até chamado de "Renascimento", devido à renovação do interesse pela agricultura e assuntos intrinsecamente ligados a ela, como a segurança alimentar, a produção de fibras e energia renovável, além dos serviços ambientais e a sustentabilidade do planeta.

Este novo período se iniciou, de acordo com Scharpenseel et al. (1990), nos anos 90 (notadamente após o Protocolo de Quioto em 1997), quando a sustentabilidade do planeta - mudanças climáticas, degradação das terras, estoque de carbono, produção de alimentos-fibras e agroenergia - tornou-se tópico premente nas agendas governamentais e civis.

Com base nessa percepção de renascimento da Ciência do Solo, este artigo visa apresentar importantes indicadores da área no Brasil: indicadores bibliométricos da produção científica. É importante destacar que o trabalho não tem como objetivo esgotar os indicadores a respeito do tema e, sim, fornecer um breve retrato da Ciência do Solo no Brasil.

6.2. Metodologia

A fonte dos dados de produção científica é a base de dados multidisciplinar Scopus, cuja escolha deve-se à sua abrangência: 16.000 títulos de 4.000 editoras, sendo a base de dados com maior cobertura de publicações internacionais e latinoamericanas²³.

²³ www.scopus.com

A expressão de busca (Quadro 1) foi elaborada a partir da combinação de termos aplicados aos campos: título, resumo e palavras-chave. Também foram utilizados termos no campo afiliação visando restringir a área geográfica, ano de publicação limitando o período (1999-2012) e tipo de documento para focar naqueles de interesse para a análise cientométrica. Os descritores para recuperação dos artigos relativos à área de solos foram selecionados a partir da experimentação de diversas estratégias de busca e visaram cobrir os temas abordados pelas comissões especializadas da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) e União Internacional de Ciência do Solo (IUSS).

Quadro 1. Estratégia de busca para recuperação de dados sobre publicações científicas brasileiras em Ciência dos Solos na base de dados Scopus.

Expressão:

```
(TITLE-ABS-KEY("soil quality" OR "soil structure" OR "soil microorganism" OR "soil pollutants" OR "soil amendment" OR "soil erosion" OR "soil classification" OR "pedogenesis" OR "soil degradation" OR "soil aggregate" OR "soil conservation") AND PUBYEAR > 1980) OR (TITLE-ABS-KEY("soil science" OR "soil organic matter" OR "soil water" OR "soil pollution" OR "soil property" OR "soil analysis" OR "soil moisture" OR "soil mechanics" OR "soil chemistry" OR "soil nitrogen" OR "soil profile" OR "soil management" OR "agricultural soil") AND PUBYEAR > 1980) OR (TITLE-ABS-KEY("soil nutrient" OR "soil fertility" OR "soil study" OR "soil morphology" OR "pedology" OR "edaphology" OR "soil chemistry" OR "soil mapping" OR "digital soil mapping" OR "soil texture" OR "soil texture" OR "soil biology" OR "soil texture") AND PUBYEAR > 1980) OR (TITLE-ABS-KEY("Soil Mineralogy" OR "Soil Micromorphology" OR "Soil Clay" OR "Soil Development" OR "Soil Formation" OR "Soil Horizons" OR "Soil Class" OR "Soil Cover" OR "Soil Acidity" OR "Soil Depth" OR "Soil Series" OR "Soil Order" OR "Soil Survey" OR "Soil Research") AND PUBYEAR > 1980) AFFILCOUNTRY(brazil) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "re") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "le"))
```

Registros: 5,767

Para recuperação dos registros da área de Pedologia foram isolados exclusivamente termos desta subdisciplina e podem ser observados no quadro 2.

Quadro 2. Estratégia de busca para recuperação de dados sobre publicações científicas brasileiras em Pedologia na base de dados Scopus.

Expressão:

```
(TITLE-ABS-KEY("soil structure" OR "soil classification" OR "pedogenesis") AND PUBYEAR > 1980) OR (TITLE-ABS-KEY("soil property" OR "soil profile") AND PUBYEAR > 1980) OR (TITLE-ABS-KEY("soil morphology" OR "pedology" OR "soil mapping" OR "digital soil mapping" OR "soil texture" OR "soil texture" OR "soil texture") AND PUBYEAR > 1980) OR (TITLE-ABS-KEY("Soil Micromorphology" OR "Soil Clay" OR "Soil Formation" OR "Soil Horizons" OR "Soil Class" OR "Soil Depth" OR "Soil Series" OR "Soil Order") AND PUBYEAR > 1980) AFFILCOUNTRY(brazil) AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "re") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "le"))
```

Registros: 1.798

Os registros bibliográficos sofreram tratamento bibliométrico no software VantagePoint - técnica quantitativa de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento científico (ARAÚJO, 2006) e representação gráfica no software Excel.

6.3. Resultados e discussão

Podemos observar na figura 2 que, a partir da década de 90 do século XX, tem havido um crescimento constante no número de publicações, o que pode indicar uma inserção internacional maior da comunidade de Ciência do Solo brasileira. Outro fator pode ser o grande destaque que a área vem recebendo no Brasil, especialmente em temas relacionados ao uso sustentável dos recursos naturais.

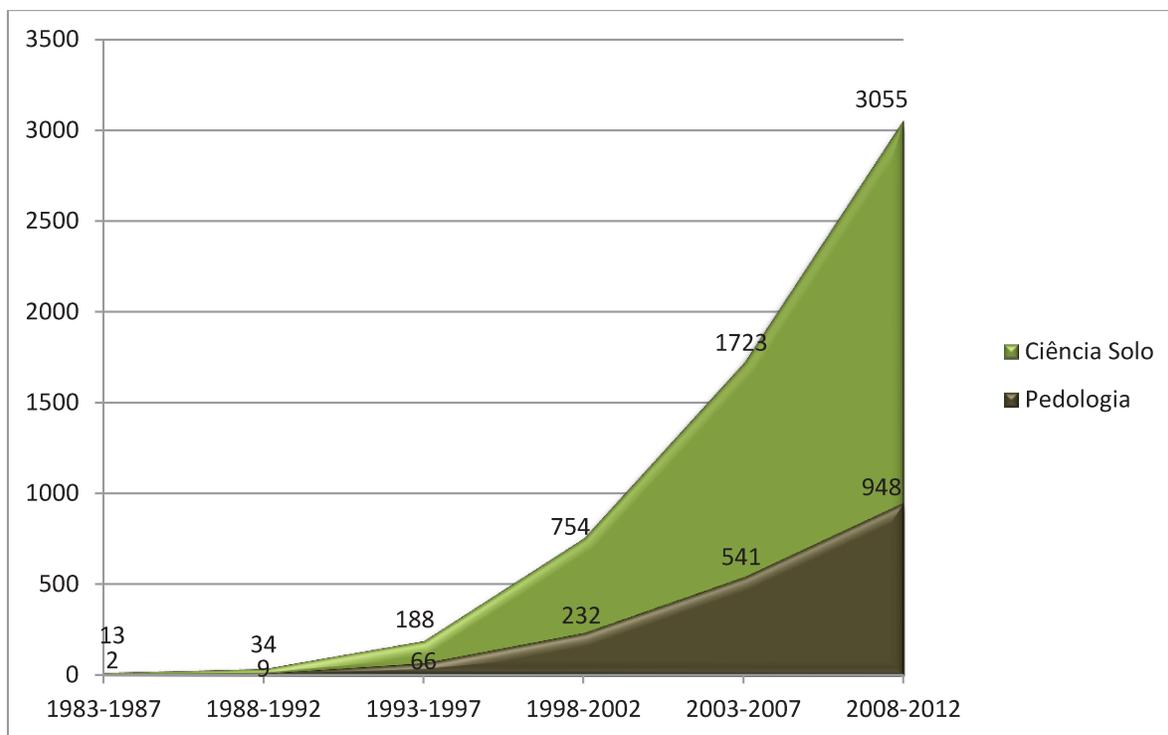


Figura 2. Número de artigos brasileiros indexados por ano área de Ciência do Solo – destaque para a área de Pedologia. Fonte: Scopus (2012).

A produtividade científica é uma importante questão abordada pela Bibliometria e pode ser compreendida como uma medida do esforço de pesquisa (RAINA et al., 2006), razão pela qual o número de artigos na área de solos indica o aumento do esforço de pesquisa na disciplina. Também é prova do interesse renovado na disciplina apontado por Hartemink e McBratney (2008).

O aumento da produção científica brasileira no tema também parece acompanhar uma tendência mundial na produção de papers em temas ligados aos solos (Churchman, 2007). Para Brevik e Hartemink (2010), o principal responsável pelo novo impulso da Ciência do Solo são os grandes desafios ambientais que perpassam pelo tema solo (Desenvolvimento sustentável, produção de alimentos, biocombustíveis e controle de erosão).

Outro dado interessante: a área de pedologia, que é um ramo da Ciência do Solo que integra e quantifica a morfologia, a formação, distribuição e classificação dos solos (WILDING; LIN, 2006), respondeu por aproximadamente 25% dos *papers* indexados na área. Nota-se que, a partir de 2006, um significativo acréscimo da produção científica desta subdisciplina, o que pode

indicar um aumento de interesse nos temas relacionados à gênese e classificação do solo, possivelmente impulsionado pela necessidade de dados sobre propriedades do solo para tomada de decisão dos agentes PC&T.

O número de cientistas do solo que trabalham com a gênese e a classificação dos solos diminuiu rapidamente nas últimas duas décadas (HARTEMINK; MCBRATNEY, 2001), mas os dados sobre a produção em pedologia também parece indicar uma tenue recuperação destes profissionais.

A Figura 03 nos mostra a classificação dos registros indexados feita pela base Scopus. Podemos observar que a maioria dos artigos se encontra na área de Agricultura e Ciências Biológicas, assim como em Ciências Ambientais, Geociências e Química.

A predominância dessas áreas já era esperada devido às características de formação da área de solos, considerada uma Ciência Agrária, a disciplina tem origem na chamada geologia agrícola (LANDA; COHEN, 2010). A expressiva participação da área Ciências Ambientais está relacionada aos principais desafios da disciplina, já que para Milani (2009) as preocupações ambientais trouxeram novos temas para a agenda de pesquisa em solos.

Nota-se, também, que um número considerável de registros em áreas pouco convencionais como a Veterinária, Ciências dos Materiais e Medicina. A área de aproveitamento de resíduos e o emprego nanotecnologia para produção de fertilizantes, uma grande demanda global, parece ser a responsável por registros nas duas primeiras áreas. Para a medicina, convém destacar que a pesquisa em solos tem muito a contribuir para segurança alimentar e a saúde humana (WILDING; LIN, 2006).

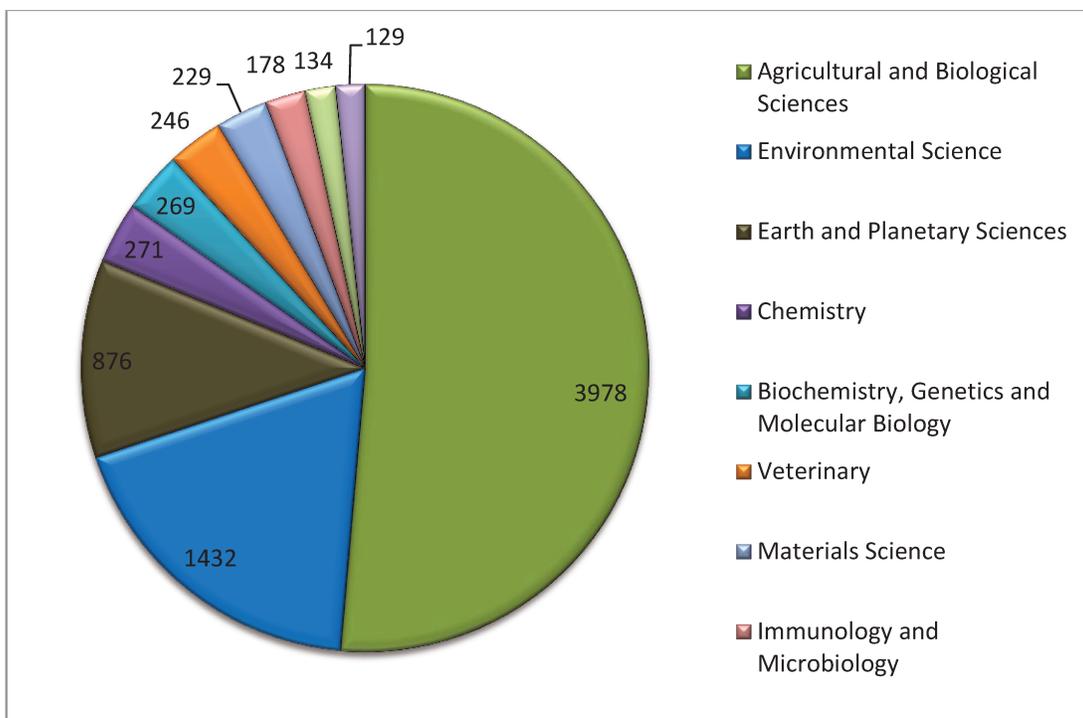


Figura 3 Classificação dos Registros recuperados segundo critérios do Scopus no período de 1983-2012. Fonte: Scopus (2012).

A partir Figura 4 é possível através das palavras-chave aferir de forma mais específica os principais temas de pesquisa na área de solos no Brasil.

Pode-se observar um importante esforço de pesquisa em temas importantes: contaminação do solo, matéria orgânica, fertilidade, relação solo e água, biomassa. Áreas que Brown (1996), Minami (2009) e Wilding e Lin (2006) apontam como importantes frentes de trabalho para a área de solos.

Merece destaque o grande número de registros com a descrição Zea Mays (Milho), Glycine max (Soja), Oxisol (Latosolo) e Nitrogênio. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja²⁴ e o milho ocupa posição de destaque nas atividades agrícolas do Brasil²⁵, sendo natural a relação do cultivo desses grãos e sua relação com o solo.

²⁴ http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=2&op_page=294

²⁵ <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/Abertura.html>

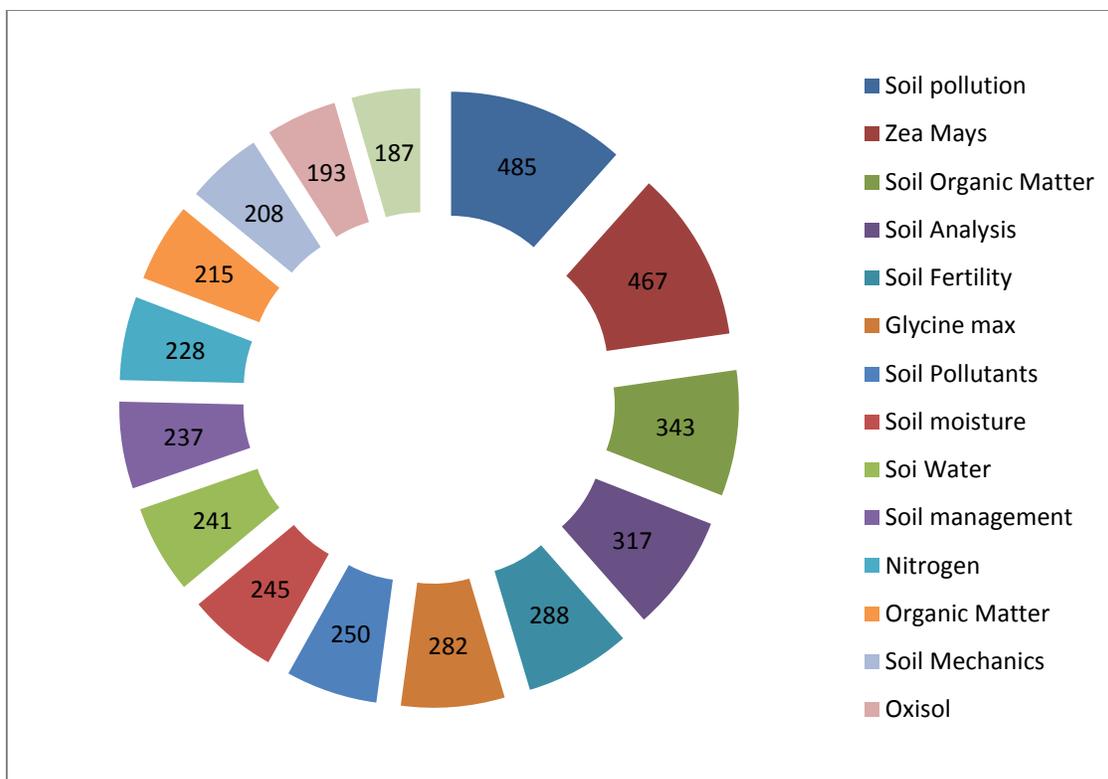


Figura 4. Palavras-Chave dos registros recuperados no Scopus no período de 1983-2012. Fonte: Scopus (2012).

Também é preciso mencionar que o Latossolo é tipo de solo predominante no Brasil, ocupando 39% da área do país²⁶ e o pioneirismo do Brasil na fixação biológica de nitrogênio no solo (LIMA; VELHO; FARIA, 2011), permitindo inclusive a expansão da fronteira agrícola para o Cerrado. Para Minami (2002), o uso indiscriminado de Nitrogênio para fertilização é um importante problema ambiental.

No Quadro 1 é apresentada a lista dos 10 periódicos que mais publicaram artigos de pesquisadores brasileiros da área de Solos.

²⁶ SOLOS do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012.

Quadro 1. Periódicos que mais publicaram artigo brasileiros na área de solos.

Título	Artigos	Impacto (SNIP)	Qualis
Revista Brasileira de Ciência do Solo	733	1.121	A2
Pesquisa Agropecuária Brasileira	362	1.137	A2
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	197	1.405	B1
Bragantia	156	1.047	B1
Communications in Soil Science and Plant Analysis	143	0.425	A2
Ciência Rural	138	0.557	A2
Geoderma	114	1.751	A1
Soil and Tillage Research	104	2.266	A1
Irriga	101	0.497	B2
Scientia Agrícola	85	0.745	A2

Fonte: Scopus (2012).

A lista apresenta importantes revistas nacionais e internacionais, com destaque para os periódicos “Revista Brasileira de Ciência do Solo” e “Pesquisa Agropecuária Brasileira”, que concentram o maior número de artigos, e as revistas “Geoderma” e “Soil and Tillage” que apresentam maior “impacto” (SNIP).

Os dados nos permitem observar que, apesar do predomínio de artigos em revistas nacionais, a comunidade brasileira de solos tem publicado em veículos internacionais de maior impacto. Outro dado importante é a característica das publicações, metade delas com perfil multidisciplinar.

A internacionalização da pesquisa em solos não é um fenômeno exclusivamente da ciência no Brasil: as questões globais na esfera ambiental tornaram a Ciência do Solo altamente internacionalizado no século 20 (BREVIK; HARTEMINK, 2010).

Na figura 05 estão em destaque os principais produtores de conhecimento na área de solos, observa-se o predomínio de instituições da região sudeste e sul do Brasil. Também é possível notar que o ranking é composto basicamente por universidades, com exceção da Embrapa que ocupa o 2º lugar entre as instituições brasileiras.

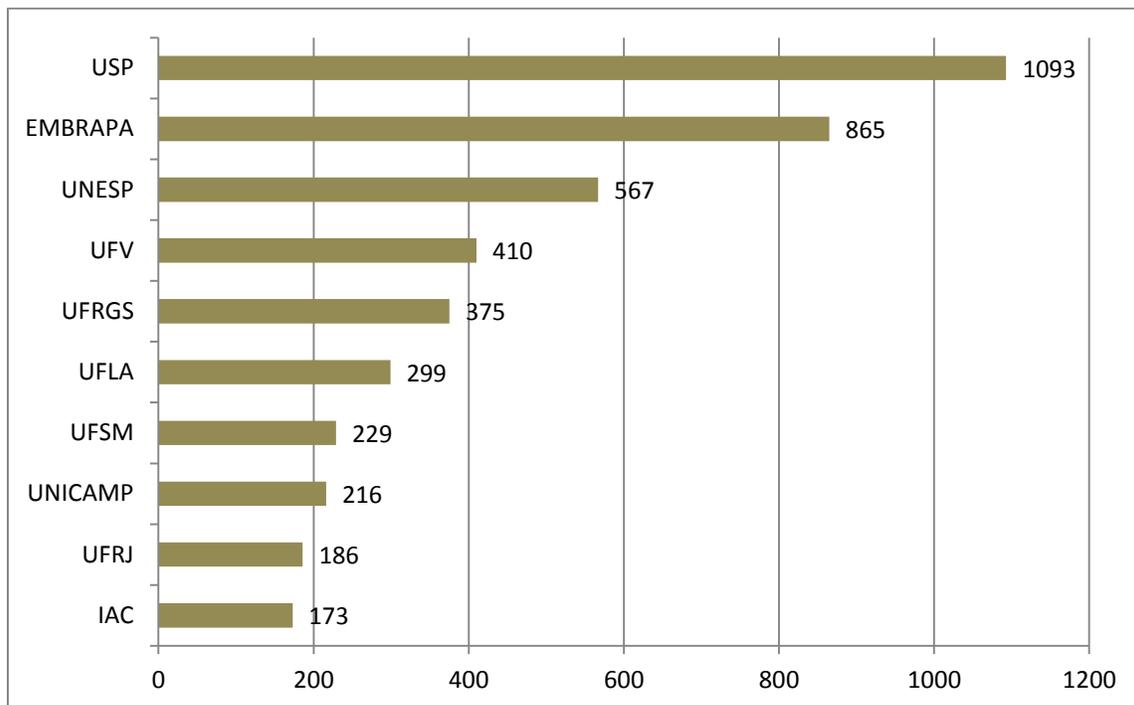


Figura 5. Instituições brasileiras de Pesquisa que mais publicaram artigos na área de solos. Fonte: Scopus (2012).

O Gráfico corresponde à distribuição de programas de pós-graduação na área de solos no Brasil, concentrada nas regiões Sul e Sudeste (CARNEIRO; SOUZA; PAULINO, 2011) e com o já previsto predomínio de universidades, tendo em vista o importante papel destas instituições na geração de conhecimento a cerca dos solos - Brevik e Hartemink (2010) conjecturam que a troca de informações e conhecimentos dentro do ambiente universitário é um dos principais responsáveis pela internacionalização da Ciência do Solo.

Chama atenção, na Figura 5, à ausência de instituições das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, tendo em vista a importância destas regiões para a produção agrícola e para a biodiversidade (CARNEIRO; SOUZA; PAULINO, 2011).

Outro fator apontado por Carneiro, Souza e Paulino (2011) é a importância do setor agrícola para a economia brasileira, que é fecundado, principalmente, pelo conhecimento produzido em Institutos de Pesquisa e Universidades, com destaque para os programas de pós-graduação em Agricultura.

6.4. Considerações

Os dados apresentados nos dão prova de que a Ciência do Solo no Brasil não só ganhou novo fôlego nestas últimas décadas, como está experimentando uma espécie de renascimento e expansão, adequando suas pesquisas aos interesses da sociedade, produzindo conhecimento consistente para fazer face aos problemas globais da atualidade. O retrato feito a partir dos indicadores científicos em solos no Brasil aponta para uma disciplina consolidada e que vem ganhando espaço no cenário nacional e internacional; no entanto, para que a área de solos no Brasil se fortaleça como referência internacional, é preciso que a área busque cada vez mais a excelência na formação de seus pesquisadores e continue ganhando espaço nos principais veículos internacionais de publicação aumentando, assim, seu impacto.

Para Churchman (2010), não há dúvida que as grandes questões globais vão ditar o rumo de grande parte da Ciência do Solo no futuro e serão responsáveis pelas principais fontes de fomento para pesquisadores do solo. O enfoque da sustentabilidade - que na atualidade vem sendo centro de atração de quase todas as ciências - deve continuar a receber a atenção dos responsáveis por pensar o futuro da Ciência do Solo (ESPINDOLA, 2008).

Assim, podemos afirmar que os solos estão de volta à agenda brasileira e que há uma demanda crescente por informação de solo em todo o planeta. Essa demanda é urgente e precisa de respostas imediatas, o que abre um grande leque para a inovação tecnológica nos métodos e técnicas utilizados em Ciência do Solo, bem como evidencia a necessidade de interface com outras disciplinas a formação de novos cientistas com perfil interdisciplinar.

6.5. Referências

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.

BAVEYE, P.; JACOBSON, A. R.; ALLAIRE, S. E.; TANDARICH, J. P.; BRYANT, R. B. Whither goes soil science in the United States and Canada? **Soils Science**, v. 171, p. 501-518, 2006.

BREVIK; E. C; HARTEMINK, A. E. Early soil knowledge and the birth and development of soil Science. **Catena**, v. 83, p. 23-33, 2010.

BROWN, R. B. Soil science: an earth science. **Geotimes**, v. 41, n. 5. 1996

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; PAULINO, H. B. Pós-graduação em Ciência do Solo no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 20-66, 2011.

CHURCHMAN, G. J. The philosophical status of soil Science. **Geoderma**, v. 157, p. 214–221, 2010.

CHURCHMAN, G. J. Trends in soil Science research 1973-2003. **Newsletter of the Australian Soil Society of Soil Science**, n. 148, p. 16-19, 2007.

ESPINDOLA, C. R. O futuro da Pedologia. In: ESPINDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a Pedologia**. Campinas: Editora Unicamp, 2009a. p. 31.

HARTEMINK, A. Soils are back on the global agenda. **Soil Use and Management**, v. 24, p. 327-330, 2008.

HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A. B. A soil scice renaissance. **Geoderma**, 148, p. 123-129, 2008.

HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A. B. Developments and trends in soil science: 100 volumes of *Geoderma* (1967–2001). **Geoderma**, v. 100, p. 217–268, 2001).

LANDA, E. R.; COHEN, B. Studies from the history of soil science and geology. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 35, p. 849-850, 2010.

LIMA, R. A. de; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. de. Análise cientométrica da atividade científica na área de solos: o caso da América Latina. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Solos**. Rio de Janeiro, n. 172, p. 9-28, 2011.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SANTOS, H. G. dos. The states of the art of brazilian soil mapping and prospects for digital soil mapping. In: LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B.; VOLTZ, M. (Ed.). **Digital soil mapping: an introductory perspective**. Amsterdam: Elsevier, 2007. (Developments in Soil Science, 31).

MERMUT, A. R.; ESWARAN, H. Opportunities for soil science in a milieu of reduced funds. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 77, p. 1-7, 1997.

MINAMI, K. Soil and humanity: culture, civilization, livelihood and health. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 55, n.5, p. 603-615, 2009.

RAINA, R. S.; SANGAR, S.; SULAIMA, R.; HALL, A. The soil sciences in India: policy lessons for agricultural innovation. **Research Policy**, v. 35, p. 691-714, 2006.

SCHARPENSEEL, H. W.; AYOUB, A.; SCHOMAKER, M. **Soils on a warmer earth: effects of expected climate change on soil processes: with emphasis on the tropics and sub-tropics**. Amsterdam: Elsevier, 1990, (Developments in Soil Science, 20).

WHITE, R. E. Soil Science - raising the profile. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 961-977, 1997.

WILDING, L. P.; LIN, H. Advancing the frontiers of soil science towards a geoscience. **Geoderma**, v. 131, n. 9. 257-274, 2006.

CAPÍTULO 7. - ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA ATIVIDADE CIENTÍFICA DA EMBRAPA SOLOS. (1975-2009).

Publicação em: LIMA, R. A.; VELHO, L. M. L. S.; FARIA, L. I. L. Análise bibliométrica da atividade científica da Embrapa Solos. (1975-2009). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, n. 153, 2010.

ISSN 1678-0892 (Online)

Classificação Qualis- CAPES- B 2 (2010)

Indexação: Base de Dados de Pesquisa Agropecuária e CAB Abstract

7.1. Introdução

A informação e o conhecimento produzidos pelas atividades de pesquisa são fontes importantes para área de Política Científica e Tecnológica (PC&T). Tendo em vista que as publicações científicas são o principal meio de comunicação e difusão desses dados (ARENCIBIA JORGE; MOYA ANEGON, 2008), é cada vez maior o uso de indicadores baseados em registros bibliométricos que, adotados por agências de fomento e organismos reguladores, são usados para avaliação de cientistas e também de instituições, vide o recém publicado ranking das instituições ibero-americanas do grupo Scimago²⁷ e o estudo de Leta, Glanzel e Thijs (2006) que avaliou a atividade científica dos principais organismos de pesquisa do Brasil.

Com base neste cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar a atividade científica de um centro de pesquisa, a Embrapa Solos – unidade descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – a partir de indicadores baseados em suas publicações indexadas na base de dados científica Scopus.

O estudo está estruturado em cinco seções principais: breve caracterização da avaliação da atividade científica e dos indicadores bibliométricos, método empregado no estudo, resultados e discussão e considerações finais.

7.2. Avaliação da atividade científica

A avaliação é um componente importante da atividade científica, cujo processo não se limita à simples coleta de dados, procurando responder, através da análise de suas múltiplas facetas, questões que permeiam a produção do conhecimento científico (SPINAK, 1998). Dentre várias razões que justificam a avaliação da ciência, Moravcsik (1989) destaca três principais:

²⁷ SCIMAGO. **Ibero-American Ranking SIR 2010**. Disponível em: <<http://www.scimagoir.com/index.php>>. Acesso em: 24 Jun. 2010.

- Os resultados são intangíveis: uma vez que os resultados da ciência são o conhecimento e compreensão do mundo que nos rodeia e, como estes resultados não são óbvios e nem tangíveis, é importante realizar avaliações que permitam comprovar o “rendimento” da ciência.

- Grande impacto: tendo em vista sua grande influência na vida moderna, é importante que se conheça a organização, a dinâmica das atividades científicas, cujos fundos provêm, em sua maioria, do setor público e de organizações privadas, desejosos em conhecer como são aproveitados os recursos nela empregados.

- Produtividade arriscada: a ciência é uma área de investimento potencialmente de alto risco, sendo preciso certificar-se de que os recursos designados possam resultar em benefício para o setor produtivo e para a sociedade em geral.

Tendo em conta as justificativas apresentadas, é cada vez maior o interesse dos agentes de PC&T por indicadores [...] que, além de ajudar no entendimento da dinâmica científica, funcionem também como instrumentos para a formulação de políticas e tomada de decisão (SANTOS, 2003), tornando os indicadores bibliométricos cada vez mais atraentes no que diz respeito ao desenvolvimento da ciência e tecnologia.

7.2.1. Uso de Indicadores bibliométricos para avaliação da atividade científica

Os estudos métricos da ciência surgiram justamente da necessidade de avaliar as atividades inerentes à produção científica (NORONHA; MARICATO, 2008). Dentre os métodos métricos existentes, o uso da bibliometria tem permitido o desenvolvimento de indicadores quantitativos e ferramentas importantes para a gestão de PC&T. A ampliação de seu uso na mensuração da atividade científica se deve, em parte, à proliferação e disponibilidade de fontes e recursos de informação em formato digital. Estas fontes informatizadas tornaram possível o acesso e a manipulação de grandes volumes de dados.

Sendo assim as bases de dados bibliográficas desempenham um importante papel para a avaliação bibliométrica, já que seus dados nos permitem analisar a atividade científica realizada por pesquisadores, centros de pesquisa, regiões e países, identificando pontos fortes e fracos e

tendências de pesquisa (COSTAS; MORENOS; BORDONS, 2008). Nesse ambiente, destacam-se as bases de dados Scopus (Elsevier) e Web of Science (Thomson-Reuters), atualmente os únicos sistemas reconhecidos em termos globais que permitem a obtenção de indicadores de impacto científico e que registram e disponibilizam a afiliação institucional de todos os autores de determinada publicação. Devido a essa última característica, essas bases possibilitam a realização de estudos de grande escala sobre a cooperação científica.

Atualmente existem inúmeros indicadores bibliométricos baseados no registro da informação científica, mas segundo Gregolin et al. (2005), podemos dividi-los em três grupos principais:

- Indicadores de publicação - são construídos pela contagem do número de publicações por tipo de documento, por instituição, área de conhecimento e país, procurando refletir características da produção ou do esforço empreendido;
- Indicadores de ligação ou cooperação - são baseados em co-ocorrência de autoria, de citações e de palavras, sendo aplicados para o mapeamento de estruturas de conhecimento e de redes de relacionamento entre instituições e países, sendo importantes para a identificação das parcerias entre autores ou entre instituições e para mostrar ligações entre temas ou áreas de pesquisa;
- Indicadores de citação - baseiam-se na medida do número de citações recebidas por uma determinada publicação. Eles refletem, acima de tudo, o impacto, a influência ou a visibilidade dos artigos científicos ou dos autores citados junto à comunidade científica.

A divisão apresentada nada mais é do que a tentativa de agrupar os indicadores, a partir do uso que fazem dos dados do registro da informação científica, no entanto alguns indicadores como o índice h, que é um valor calculado a partir do número de documentos publicados e citações recebidas (HIRSCH, 2005), combinam dados de publicação e citação.

7.2.2. Uso dos indicadores bibliométricos para avaliação da atividade científica de órgãos de pesquisa

Tendo em conta a característica arriscada e intangível da pesquisa, o desempenho de centros e institutos de pesquisa vem recebendo cada vez mais atenção por parte dos organismos decisores de PC&T (THIJS et al., 2009), enfrentando cobranças crescentes por maior transparência de resultados para sociedade, razão pela qual a adoção de indicadores bibliométricos tem sido utilizada para compor aspectos importantes da avaliação desses organismos (CAMPBELL et al., 2010). Desse modo, a elaboração de rankings com a identificação de áreas de excelência e seus principais atores torna-se uma das principais contribuições da bibliometria.

Neste contexto, pretendemos delinear aspectos da atividade científica da Embrapa Solos através do uso dos principais tipos de indicadores bibliométricos - publicação, ligação e citação.

7.2.2.1. Embrapa Solos

O Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Embrapa Solos) é uma unidade descentralizada da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2002). É um centro de referência técnico-científica na área de Ciência do Solo e têm como missão “viabilizar soluções de pesquisa, desenvolvimento e inovação em solos e sua interação com o ambiente, para a sustentabilidade da agricultura tropical” (EMBRAPA SOLOS, 2008).

A Embrapa Solos tem origem no antigo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), com atividades de mais de meio século. Como centro temático, seu mandato de pesquisa têm abrangência nacional, contando atualmente com o quadro de 58 pesquisadores, 31 analistas e 53 assistentes (EMBRAPA SOLOS, 2009).

Em sintonia com as transformações pelas qual a área de Ciência do Solo e o cenário de pesquisa agropecuária brasileiro vêm passando atualmente, a Unidade tem buscado trabalhar o

tema Solo em todas suas interfaces e ambiências, razão pela qual sua linha de atuação é cada vez mais diversa.

O objetivo principal deste estudo é retratar a trajetória de pesquisa da Embrapa Solos desde o antigo SNLCS e demonstrar a utilidade da bibliometria como ferramenta de mensuração do desempenho científico, ao permitir abordar temas importantes para a Unidade.

7.3. Método

Para a realização do estudo foram coletados dados da base Scopus via portal de periódicos da Capes²⁸.

A base Scopus, sob responsabilidade da editora Elsevier, é considerada a maior base de dados de resumos e referências bibliográficas de literatura científica revisada por pares, com mais de 18.000 títulos de 5.000 editoras internacionais.²⁹ Além de sua ampla cobertura, um dos fatores levados em consideração para escolha da base Scopus como fonte de dados para o estudo é sua maior cobertura de periódicos brasileiros e latino americanos.

Por se tratar de um centro temático e com mandato nacional, a Embrapa Solos se torna um excelente objeto de estudo de atividade científica. A trajetória da Unidade e a mudanças sofridas pela política agropecuária no decorrer de quatro décadas é outro fator levado em consideração na escolha do centro.

Os descritores para recuperação dos registros da Embrapa Solos foram escolhidos a partir das possíveis variações do nome do centro de pesquisa e podem ser observadas no Quadro 1.

²⁸ <http://www.periodicos.capes.gov.br>

²⁹ SCOPUS. Disponível em: <<http://www.americalatina.elsevier.com/sul/pt-br/scopus.php>>. Acesso em 24 Jun. 2010.

Quadro 1. – Estratégia de Recuperação no Scopus.

Expressão	Resultado
Your query: AFFIL ("EMBRAPA-Ctro. Nac. Pesquisa de Solos" OR "Embrapa Solos" OR cnps OR "Centro Nacional de Pesquisa de Solos" OR "EMBRAPA Solos" OR "National Center of Soil Research" OR "SNLCS" OR "Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos" OR "Embrapa Soils").	184 Registros

Após a recuperação dos dados os mesmos foram checados para evitar a coleta de registros de outros centros de pesquisa de solos. Foram utilizados registros do período de 1975-2009.

Para o tratamento dos dados foi utilizado o software bibliométrico VantagePoint, que nos possibilitou elaborar rankings a partir de cada campo dos registros e a matriz de colaboração. Os gráficos foram gerados em Excel e a rede de parcerias nos softwares Ucinet e NetDraw.

7.4. Resultados e discussão

A partir dos dados coletados, foram elaborados indicadores bibliométricos que vão nos ajudar a compreender a atividade científica da Embrapa Solos.

Os resultados estão divididos por tipo de indicador: publicação, ligação e citação.

7.4.1 Indicadores de publicação

A Figura 1 apresenta o número de publicações indexadas anualmente pela Embrapa Solos no decorrer de quatro décadas, onde podemos observar que a produção científica do centro começa a se fortalecer a partir da década de 90. Uma das causas prováveis desse crescimento pode ser explicado através das mudanças sofridas pela Unidade nessa década: o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, com atuação técnica na atividade pedológica e mapeamento de solos, dá lugar ao Centro Nacional de Pesquisa de Solos, com atuação científica na área de solos e sua ambiência.

O crescimento expressivo da Embrapa Solos na primeira década do século 20 pode ser observado como a consolidação do centro e pela implementação por parte da Embrapa de sistemas de avaliação de suas Unidades, tendo a produção de *papers* um dos seus principais pilares.

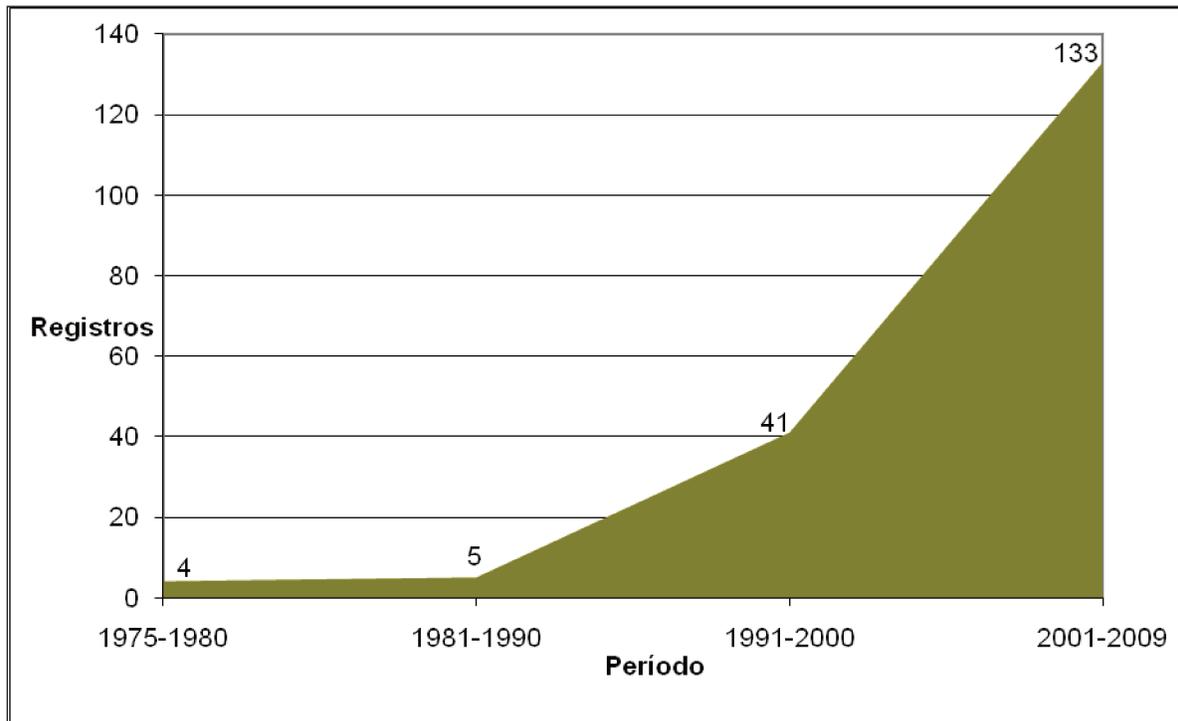


Figura 1. Número de publicações indexadas da Embrapa Solos por década. Fonte: Scopus (2009).

Outro fator que pode explicar o aumento da produção científica é a renovação natural do quadro de pesquisa, o Brasil vem formando um número cada vez maior de doutores alinhados á dinâmica acadêmica da produção de *papers*.

Os dados de publicação são condizentes com os encontrados por Penteado Filho e Avila (2009) que, a partir de dados da Web of Science, realizaram estudo sobre a Embrapa e observaram o mesmo tipo de evolução, demonstrando o crescimento da instituição como empresa de pesquisa.

Na Figura 2, podemos observar os tipos de documentos produzidos pela Embrapa Solos que estão indexados na base Scopus.

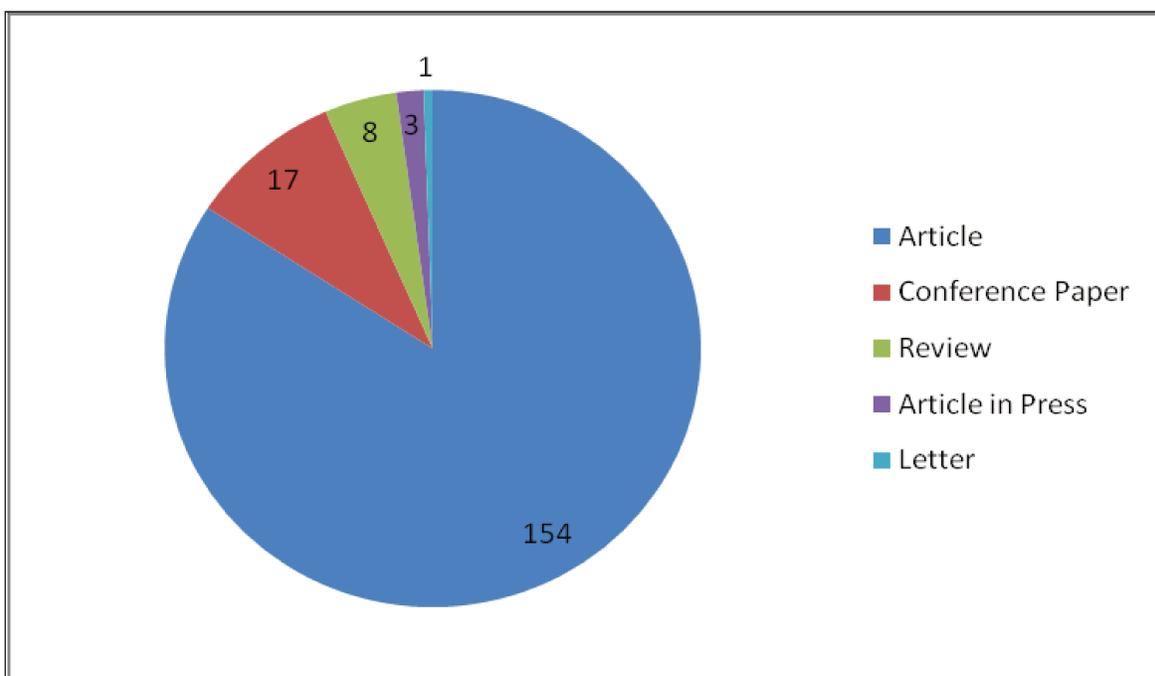


Figura 2. Tipos de documentos produzidos pela Embrapa Solos. Fonte: Scopus (2009).

A predominância de artigos científicos pode ser explicada por seu grande valor no sistema de avaliação da Embrapa e nos sistemas de P&D e, ainda, pelo viés das bases internacionais que privilegiam a indexação desse tipo de documento. Contudo, não deixa de ser interessante observar o número considerável de artigos em congresso, o que pode indicar uma mudança nas políticas de indexação das bases, evidenciando o crescimento de congressos com elevados critérios de publicação.

Na Figura 3 é indicado o idioma original de publicação dos registros da Unidade, sendo possível observar que o inglês (principal idioma do meio científico) e o português (idioma nacional), são responsáveis pela grande maioria dos registros.

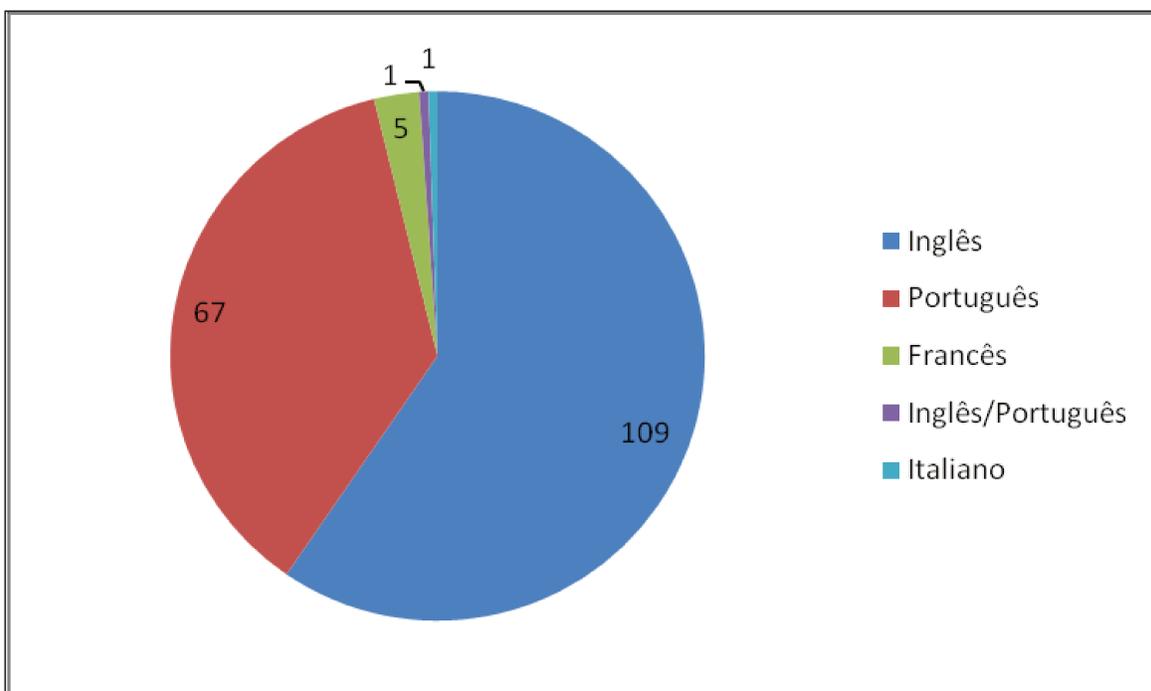


Figura 3. Distribuição das Publicações da Embrapa Solos por Idioma, 1975-2009. Fonte: Scopus (2009).

O fato de mais da metade da produção científica ter sido publicada em inglês pode indicar um alto grau de internacionalização da Embrapa Solos, bem como o viés anglófono das bases internacionais. É interessante notar um pequeno número de registros em francês, o que pode indicar a existência em algum momento de parceria do centro de pesquisa com instituições francófonas.

O Quadro 2 destaca as palavras-chave mais utilizadas nas publicações, destacando-se os termos relacionados à análise de solo, matéria orgânica e monitoramento ambiental, indicando um predomínio desses temas na produção científica da Unidade.

Quadro 2. Palavras-Chave dos registros da Embrapa Solos.

Publicações	Palavras-Chave
12	Soil
11	soil analysis
9	Carbon
8	humic acid
8	Organic carbon
8	soil organic matter
7	controlled study
7	sampling
6	Environmental Monitoring
6	Glycine max
6	particulate matter
6	polymerase chain reaction
6	remote sensing
6	soil carbon
6	soil chemistry
6	soil management
6	Soils
6	tillage
6	Zea mays
5	Cluster analysis

Fonte: Scopus (2009).

No Quadro 3 é apresentada a lista dos 20 periódicos onde a Embrapa Solos mais publicou no período analisado. Podemos observar uma concentração expressiva nas revistas “Pesquisa Agropecuária Brasileira” e “Revista Brasileira de Ciência do Solo”. A primeira é publicada pela própria Embrapa e a segunda pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (instituição de grande prestígio para os pesquisadores da Unidade), o que pode explicar a expressiva participação da Embrapa Solos nessas revistas.

Quadro 3 – Periódicos onde a Embrapa Solos mais publicou artigos no período de 1975-2009.

Registros	Fonte
28	Pesquisa Agropecuária Brasileira
21	Revista Brasileira de Ciência do Solo
7	Communications in Soil Science and Plant Analysis
6	Geoderma
6	Química Nova
4	Archives of Microbiology
4	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology
3	Applied Soil Ecology
3	Australian Journal of Soil Research
3	Revista Arvore
3	Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental
3	Scientia Agricola
3	Soil Science Society of America Journal
2	Analytica Chimica Acta
2	Applied Radiation and Isotopes
2	Atmospheric Environment
2	Cahiers - ORSTOM, Serie Pedologie
2	Cerne
2	Chemical Speciation and Bioavailability
2	Environmental Science and Technology

Fonte: Scopus (2009).

O Quadro 3 também indica que a Unidade tem publicado em importantes revistas nacionais e em um número expressivo de veículos internacionais.

7.4.2 Indicadores de Ligação (Colaboração)

A Figura 4 apresenta a partir dos dados de coautoria, o percentual de publicações da Embrapa Solos que apresentam parceria com outras instituições de pesquisa, observa-se que 95% da produção científica da Unidade é colaborativa, o que pode indicar a valoração da troca de conhecimento e desenvolvimento de projetos complexos pela Embrapa Solos e também um grau de dependência de outras instituições para acessar importantes canais de comunicação científica.

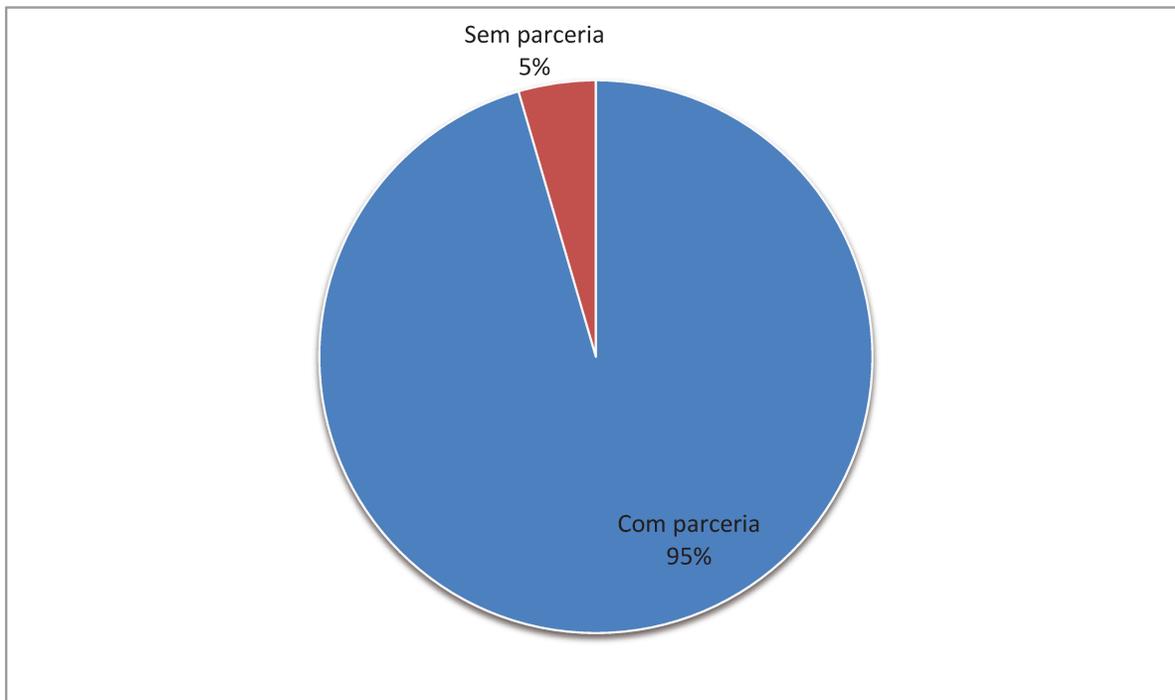


Figura 4. Colaboração Científica da Embrapa Solos. Fonte: Scopus (2009).

A Figura 5 expõe a rede de colaboração, sendo possível observar que entre os parceiros externos estão importantes universidades do Estado do Rio de Janeiro, tais como as universidades federais (UFRRJ, UFRJ e UFF) e as estaduais (UENF e UERJ), demonstrando que a localização geográfica influi bastante na formação da rede de pesquisa da Unidade.

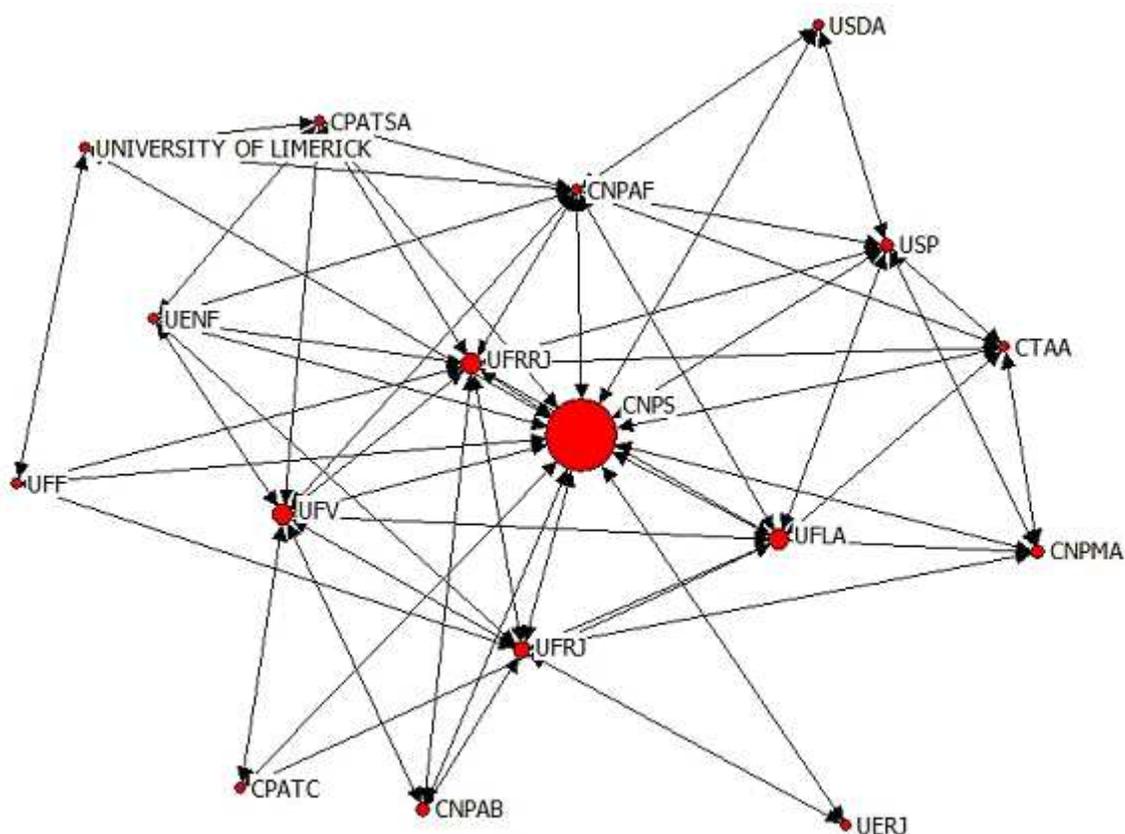


Figura 5. Mapa de Cooperação da Embrapa Solos. Fonte: Scopus (2009).

Devido à proximidade geográfica, as instituições fluminenses provavelmente contribuem com egressos e estudantes de seus centros para a formação do corpo de pesquisa da Embrapa Solos, originando um intenso fluxo de colaboração interinstitucional. A rede também nos mostra parcerias com duas universidades mineiras (UFV e UFLA) e uma paulista (USP), todas contando com excelentes centros de pesquisa na área de Ciências Agrárias, com destaque para a UFV que no momento abriga a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Ainda nas parcerias externas merecem destaque dois centros internacionais: o USDA (Estados Unidos), importante centro de referência na área de Ciências Agrárias em que a Embrapa mantém um laboratório de pesquisa³⁰, e a Universidade de Limerick (Irlanda), onde

³⁰ http://www.embrapa.br/a_embrapa/labex/labex-estados-unidos/labex-usa

atualmente a Embrapa Solos mantém cooperação em projeto financiado pela Comissão Europeia (EMBRAPA SOLOS, 2009).

Por se tratar de uma unidade temática, é natural que a Embrapa Solos tenha importantes parceiros internos, como a Embrapa Agrobiologia (CNPAB) e Agroindústria de Alimentos (CTAA) no estado do Rio de Janeiro, Embrapa Arroz e Feijão (CNPAF), Tabuleiros Costeiros (CPACT), Semiárido (CPATSA) e Meio Ambiente (CNPMA) no sudeste, centro-oeste e nordeste. Convém, ainda, destacar a cooperação com a Embrapa Agrobiologia, unidade que apresenta muitas interfaces com a área de solos em temas como: sequestro de carbono e fertilizantes orgânicos.

Como os centros mencionados fazem parte de uma mesma instituição (Embrapa), a troca de funcionários é outro fator que favorece a formação de redes cooperativas, fortalecidas através de Macroprogramas³¹ de pesquisa que estimulam a colaboração e a pesquisa em rede.

7.4.3. Indicadores de Citação

Nas Figuras 5, 6 e 7, observa-se respectivamente, a evolução da trajetória de citação e o índice h da Embrapa Solos.

³¹ http://www.embrapa.br/a_embrapa/unidades_centrais/dpd/seg/normas-do-seg/caracteristicas.doc/view?searchterm=macroprogramas

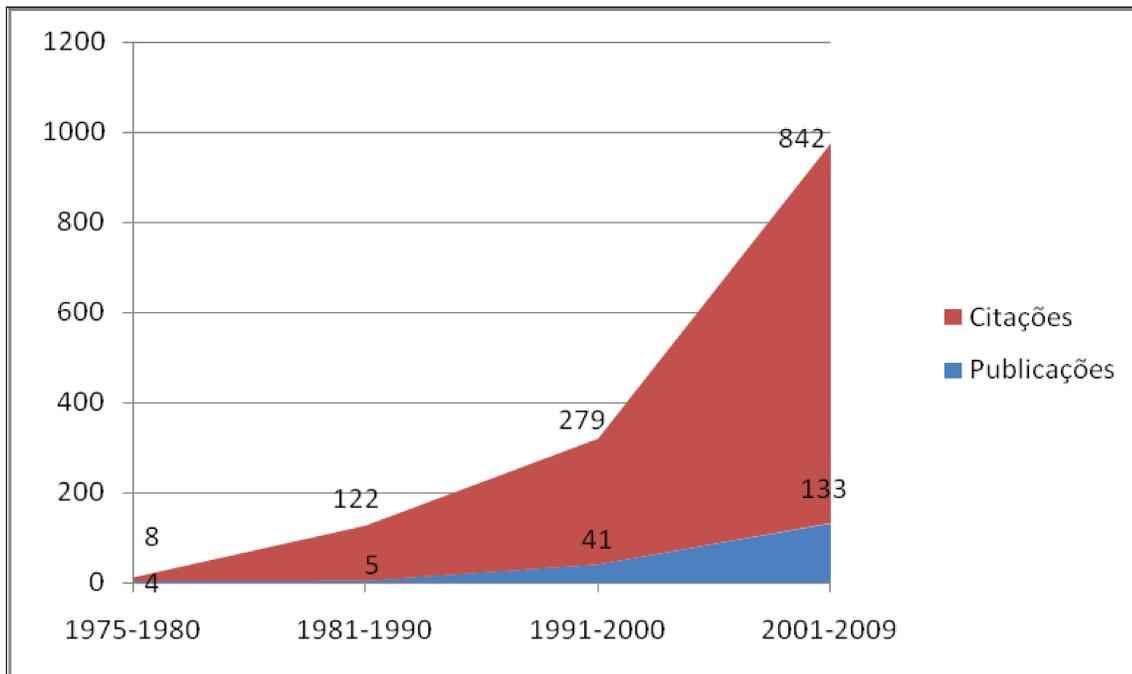


Figura 5. Citações da Embrapa Solos por período. Fonte: Scopus (2009).

Podemos notar que o registro de citações recebidas por documento acompanha a ruptura que representou a década de 90 para a produção científica da Embrapa Solos, demarcando sua transformação de serviço nacional para centro de pesquisa.

No entanto apesar do crescimento apresentado no número de publicação e citação da unidade, ao observar a Figura 6, verifica-se que a média de citação por publicação está caindo e não subindo. Há uma explicação para isso: quanto mais antiga a publicação, mais tempo teve para ser citada.

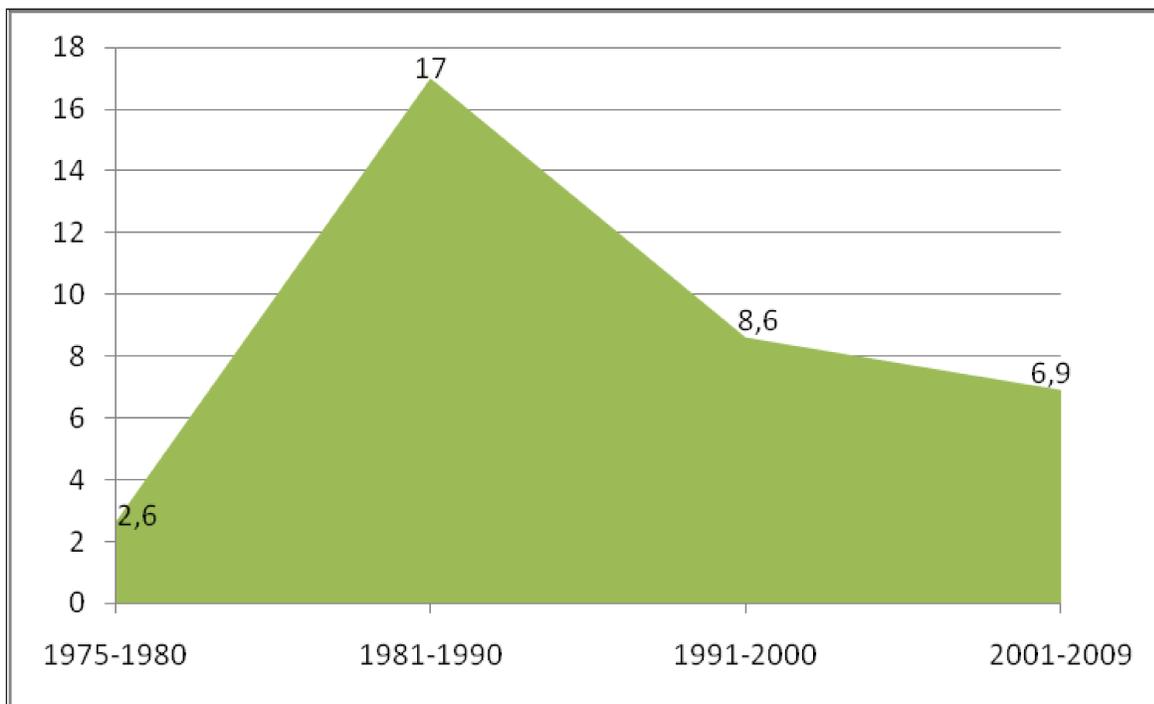


Figura 6. Média de citações por publicação da Embrapa Solos por período. Fonte: Scopus (2009).

Apesar da queda na média de citações, a Figura 7 apresenta a trajetória do valor do índice h da Unidade, que é crescente. Por ser um indicador que agrega aspectos da produção científica e da difusão/Impacto (FRANCESCHINI; MAISANO, 2010), o valor de h nos permite observar a evolução da publicação de *papers* de maior impacto.

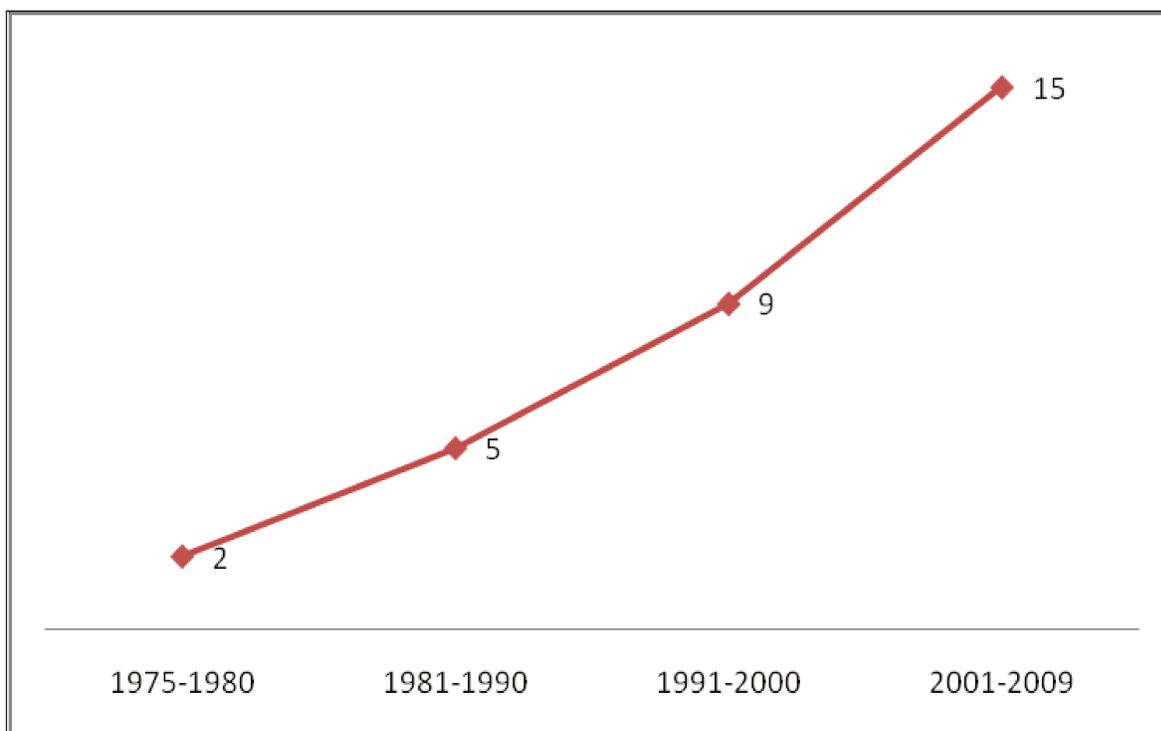


Figura 7. Índice h da Embrapa Solos por período. Fonte: Scopus (2009).

Os dados apresentados indicam uma tendência de crescimento na produção científica da Embrapa Solos, com perspectivas de aumento do impacto científico e do prestígio do centro.

Desta forma, para que a Embrapa Solos alcance nos próximas décadas um posto de liderança na geração de conhecimento sobre solos tropicais, é crucial que a tendência de crescimento se mantenha, sendo necessário que os veículos para difusão de seus conhecimentos sejam reconhecidos pela comunidade científica e que a Unidade fortaleça sua rede de colaboração.

7.5. Considerações finais

Apesar de sua longa trajetória na produção do conhecimento, a Embrapa Solos como centro de pesquisa é relativamente jovem. Os resultados encontrados permitem vislumbrar parte de sua trajetória de pesquisa: quanto e onde a Unidade publica, sua rede de cooperação e o impacto de sua produção científica. Os indicadores bibliométricos forneceram dados importantes para o entendimento das práticas de publicação do centro de pesquisa, provavelmente refletindo a realidade de outros institutos da área de Solos.

No entanto, a análise bibliométrica de *papers* em bases internacionais é apenas um dos retratos possíveis da Embrapa Solos. Grande parte de sua produção científica - notadamente as de Pedologia e Zoneamento - são de interesse local/regional e incompatíveis com os principais meios de comunicação científica (EMBRAPA SOLOS, 2009). Razão pela qual seria interessante o estudo bibliométrico de registros *nonjournal* para compor um retrato mais completo da atividade científica da Unidade.

A partir do prisma da bibliometria, podemos concluir que a análise de publicações fornece dados importantes para a avaliação de resultados de um centro de pesquisa, porém, os agentes reguladores e decisores da área de PC&T devem estar atentos para as limitações dos indicadores bibliométricos e nas peculiaridades do campo em que serão aplicados.

7.6. Referências

ARENCIBIA JORGE, R.; MOYA ANEGON, F. de. La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la cienciometría. **Acimed**. Havana v. 17, n. 4, 2008.

CAMPBELL, D. et al. Bibliometrics as a performance measurement tool for research evaluation: the case of research funded by the National Cancer Institute of Canada. **American Journal of Evaluation**, v. 31, n. 66, 2010.

COSTAS, R.; MORENO, L.; BÓRDONS, M. Solapamiento y singularidad de MEDLINE, WOS e IME para el análisis de la actividad científica de una región en ciencias de la salud. **Revista Española de Documentación Científica**. Madrid, v. 31, n. 3, 2008.

EMBRAPA. **Pesquisa agropecuária e qualidade de vida: a história da Embrapa**. Brasília, DF: Embrapa, 2002. 243 p.

EMBRAPA SOLOS. **IV Plano diretor da Embrapa Solos: 2008 - 2011 - 2023**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. (Embrapa Solos. Documentos, 107).

EMBRAPA SOLOS. **Relatório de Gestão 2009**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 57 p. (Embrapa Solos. Documentos, 118).

FRANCESCHINI, F.; MAISANO, D. A. Analysis of the Hirsch index's operational properties. **European Journal of Operational Research**, v. 203, p. 494-504, 2010.

GREGOLIN, J. A. R.; FARIA, L. I. L.; HOFFMANN, W. A. M.; QUONIAM, L.; QUEYRAS, J. Análise da produção científica a partir de indicadores bibliométricos. In: LANDI, F. R.; GUSMÃO, R. (Org.). **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação em São Paulo 2004**. São Paulo: Fapesp, 2005, v. 1, p. 1-44.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.102, n. 46, 2005.

LETA, J.; GLANZEL, W.; THIJS, B. Science in Brazil. Part 2: Sectoral and institutional research profiles. **Scientometrics**, Budapest, v. 67, n. 1, p. 87-105, 2006.

MORAVCSIK, M. J. ¿Cómo evaluar la ciencia y a los científicos? **Revista Española de Documentación Científica**. Madrid, v. 12, n. 8, 1989.

NORONHA, D. P.; MARICATO, J. M. Estudos métricos da informação: primeiras aproximações. **Revista Encontros Bibli**. Florianópolis, n. esp., 2008.

PENTEADO FILHO, R. de C.; AVILA, A. F. D. **Embrapa Brasil: análise bibliométrica dos artigos na Web of Science (1977-2006)**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 116 p. il. (Texto para discussão, 36).

SANTOS, R. N. M. dos. Produção científica: por que medir? O que medir? **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**. Campinas, v. 1, n. 1, p. 22-38, jul./dez. 2003.

SPINAK, E. Scientometric indicators. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, maio/ago. 1998.

THIJS, B.; ZIMMERMAN, E.; BAR-ILAN, J.; GLANZEL, W. Israeli research institutes: a dynamic and evaluative perspective. **Research Evaluation**, v. 18, n. 3, p. 251-260, 2009.

CAPÍTULO 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são identificados os principais resultados apresentados previamente nos capítulos 3, 4, 5, 6 e 7, algumas considerações e principais limitações da temática. A tese tratou a Ciência do Solo a partir de uma perspectiva ampla - disciplina da área de Ciências Agrárias, lançando mão de diversos contextos: internacional (América Latina), nacional (Brasil) e local (Centro de Pesquisa) para compor o retrato da produção do conhecimento no tema.

A seguir, destacam-se os principais resultados a partir dos indicadores utilizados para caracterização das práticas científicas: Índice h, Atividade/Publicação e Coautoria.

8.1. Índice h

O uso do índice h no estudo das diversas práticas de publicação e citação existentes contribuiu para um maior entendimento da cultura científica e da complexidade de se avaliar a ciência apenas sobre o prisma da Bibliometria/Cientometria.

Os valores encontrados para Física, Genética, Agronomia e Sociologia dão prova das limitações e distorções que os agentes da área de Política Científica e Tecnológica podem incorrer ao tentarem comparar áreas do conhecimento com história e valores tão distintos entre si. Uma vez que os dados demonstram que o valor de h pode sofrer grande variação dependendo da área de aplicação, é nítida a importância de se conhecer as práticas de publicação, as características intrínsecas e os diversos métodos das diferentes áreas do conhecimento.

Apesar de suas limitações, o estudo também aponta para uma convergência entre os valores de índice h e o nível de bolsa de produtividades, ou seja, os valores mais altos de índice h, em cada uma destas três áreas, correspondem aos pesquisadores de nível 1-A, decrescendo para os pesquisadores 1-B. Portanto, pode-se inferir que o índice h nestas áreas é convergente com o julgamento dos pares e reforça a premissa de Van Raan (2005), que afirma que o problema não está nos indicadores bibliométricos e, sim, no seu uso inadequado.

Os valores encontrados para Agronomia, área onde a Ciência do Solo está inserida, demonstram que a pesquisa na área é voltada em grande parte para respostas de questões aplicadas ao desenvolvimento em níveis locais e nacionais e que qualquer ferramenta métrica de avaliação da disciplina precisa ter em conta a construção da área como ciência e seu foco de atuação.

Essa especificidade da disciplina interfere fortemente no seu valor de h, uma vez que o indicador foi pensado para áreas que tenham como prática divulgar seus resultados através da publicação de *papers* em revistas indexadas – prática que não é universal na divulgação/difusão de conhecimento e de novas tecnologias em Agronomia.

8.2. Indicadores de Publicação

A tese utilizou técnicas cientométricas para analisar registros de artigos publicados pela base de dados científica Scopus, revelando vários aspectos da atividade científica na área de solos no período de 1999-2010, 1983-2012 e 1975-2009.

Por intermédio dos indicadores de atividade científica por ano de publicação analisados nos capítulos 4, 6 e 7, observamos que o ritmo de crescimento dos artigos, em valores absolutos, foi constante e regular, partindo, para a América Latina, de 322 artigos em 1999 para 959 em 2009; para o Brasil, de 13 em 1983-87 para 3.055 em 2008-12 e para a Embrapa Solos de 04 em 1975-80 para 133 em 2001-9. Guardada as devidas proporções de tempo e escopo, podemos observar que o crescimento no tema tem sido acelerado, reflexo do maior interesse pela disciplina, da maior inserção internacional dos pesquisadores latino-americanos e das demandas globais por conhecimento no tema, concentradas principalmente nos aspectos relacionados à segurança alimentar, serviços ambientais e sustentabilidade (MENDONÇA-SANTOS, 2011).

As causas do crescimento do número de artigos na América Latina e Brasil parecem acompanhar as tendências globais da disciplina; no entanto, o crescimento do número de artigos na Embrapa Solos parece estar relacionado também a questões internas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, que estabeleceu métricas de avaliação de seus centros, em que o peso dos

artigos indexados não é pequeno³². Ao contrário de outras instituições de pesquisa, a publicação de *papers* não fazia parte da cultura científica do Centro, que originalmente estava mais direcionado ao mapeamento, levantamento e classificação de solos.

Observa-se também que a atividade científica latino-americana na área de solos no período estudado se encontra fortemente concentrada em três países: Brasil, Argentina e México. Outras contribuições importantes partem do Chile, Venezuela e Colômbia definindo-se, assim, o mapa das principais economias da região.

Tendo em vista os dados sobre publicações nacionais, não foi surpresa que o mapa dos principais centros de pesquisa do subcontinente esteja concentrado em instituições brasileiras, mexicanas, argentinas e chilenas. Entre as instituições de pesquisa que apresentaram maior atividade científica, merecem destaque as brasileiras que encabeçam a lista e estão representadas por 12 instituições.

Assim, os dados cientométricos mostram uma região com forte concentração de *papers* em “poucos” países e indicam medidas que precisam ser adotadas por agentes regionais de política científica e tecnológica para o compartilhamento efetivo da *expertise* no tema, visando uma distribuição mais uniforme em termos da produção científica na região. Cabe ainda destacar o baixo número de *papers* de alguns países da América Central e Caribe, o que provavelmente se deve ao fato de que algumas comunidades científicas se resumem a poucos profissionais³³.

O protagonismo do Brasil o credencia para atuar de forma direta em prol do avanço da pesquisa em solos na região. O projeto “Criação do Sistema de Informação de Solos da América Latina³⁴”, patrocinado pela FAO e coordenado pela Embrapa, é um exemplo de iniciativa que visa fomentar a troca de conhecimento e gerar *expertise* na região.

Outro dado a ser destacado é a predominância de universidades entre as principais instituições de pesquisa em solos na região, sendo interessante observar que o crescimento da

³² http://www.ainfo.cnptia.embrapa.br/wiki/index.php/Manual_de_indicadores_%28SIDE%29

³³ Informação fornecida por Humberto Gonçalves dos Santos, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, em 10 out. 2012.

³⁴ <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/35478882/dou-secao-3-21-03-2012-pg-8>

produção científica em solos é acompanhado também por uma reconfiguração de seus centros de conhecimento, uma vez que, segundo Brevik e Hartemink (2010), em muitas universidades os departamentos de solos estão sendo dissolvidos ou absorvidos em programas interdisciplinares de pesquisa.

Através dos principais termos usados pelos autores no período do estudo, também foi possível observar que contaminação do solo, matéria orgânica, carbono no solo, fixação de nitrogênio, física do solo, fertilidade e manejo do solo e da água foram os principais temas de pesquisa. Uma surpresa foi a quase ausência de termos relacionados à gênese e classificação, áreas tradicionais de pesquisa de solos na América Latina e, em especial, em países como o Brasil, que investiu tempo e esforço no mapeamento e classificação de seus solos (MENDONÇA-SANTOS; SANTOS, 2007).

Os principais termos se enquadram no que podemos chamar de Ciência do Solo aplicada - mais voltada à agricultura, silvicultura e fertilidade, em contraposição à Pedologia geral, que aborda gênese e classificação dos solos.

Os termos de pesquisa encontram eco nos principais desafios para a pesquisa em solos apontados por Minami (2009) e Brown (1996) que destacam o importante papel da Ciência do Solo na solução de problemas em áreas estratégicas como: água, perturbações do ciclo de nitrogênio no solo, fertilidade e erosão e contaminação por metais pesados. As palavras-chave também se ajustam ao que Vieira e Wambeke (2002) descrevem como temas de grande importância para o planejamento do uso do solo na América Latina.

No caso específico do Brasil destaca-se a presença de número considerável de registros com termos relacionados a culturas Zea Mays (Milho), Glycine max (Soja). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja³⁵ e o milho ocupa posição de destaque nas atividades agrícolas do Brasil³⁶, sendo natural a correlação do cultivo desses grãos e sua relação com o solo.

³⁵ http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?cod_pai=2&op_page=294

³⁶ <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/Abertura.html>

A partir dos termos utilizados nos registros, podemos observar que as linhas de pesquisa de solos da América Latina estão alinhadas às demandas globais por conhecimento no tema, bem como às necessidades específicas do subcontinente. Os grandes desafios agrícolas e ambientais não permitem que região atue de forma isolada na produção de conhecimento e é preciso avançar ainda mais, sobretudo no que se refere ao avanço do conhecimento dos solos tropicais.

Os principais periódicos para publicação das pesquisas geradas na área de Solos nas esferas: América Latina, Brasil e Embrapa Solos – refletem o grau de internacionalização da disciplina e seu perfil multidisciplinar.

Na América Latina, dos 22 periódicos que apresentaram maior número de artigos latino-americanos indexados na área de solos, 16 são publicações externas à região. No caso brasileiro, em uma lista de 10 periódicos, apenas 03 são externos, enquanto na Embrapa Solos, dos 20 periódicos, 13 são internacionais.

Com o aumento das preocupações ambientais nos últimos anos, mais esforço está sendo direcionado à relação do solo e ecossistemas (MINAMI, 2009), o que tem expandido as áreas de atuação da Ciência do Solo e criado novas subdisciplinas, permitindo assim a sua inserção em uma ampla gama de periódicos, acompanhado por um aumento no número de artigos indexados (BARRETO, 2007).

Como resultado apenas uma pequena parte dos títulos periódicos apresentados nos quadros dos capítulos 4, 6 e 7 são de publicações específicas da área de solos e o grande número de revistas interdisciplinares da área de Ciências Agrárias é prova do novo perfil da disciplina, que cada vez mais se depara com desafios que demandam conhecimento de diversas áreas.

O viés do uso de uma base internacional pode estar interferindo nestes valores; no entanto, é importante destacar a presença dos pesquisadores latino-americanos e brasileiros em veículos internacionais de grande prestígio divulgando suas pesquisas.

8.3 Indicadores de Coautoria

O grau de internacionalização da área de solos latino-americana e sua rede de parceiros são explicitados no capítulo 4, onde são mapeados via coautoria. Os indicadores demonstram uma clara predominância de parceiros de nações ocidentais (Estados Unidos e Europa) que compõem o *mainstream* atual da atividade científica em solos.

A fragilidade dos laços da América Latina se torna evidente ao se observar as linhas tênues de coautoria da região. A mesma é um reflexo dos dados de produção científica, com o predomínio das principais economias: Brasil, México e Argentina. Estes países são os principais produtores de conhecimento no tema e juntos respondem por quase 80% dos *papers*.

Entre as instituições, merecem destaque a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Universidade de São Paulo (USP) como principais centros produtores de conhecimento na região e que apresentam cooperação com diversas instituições. Outros centros de destaque são a Universidade de Buenos Aires (UBA) e o Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – (CONICET) na Argentina, a Universidade Nacional Autónoma no México e as Universidades de Concepción e de La Frontera no Chile.

O predomínio de países centrais é natural em uma disciplina com desafios globais; porém, a intensa colaboração com esses em detrimento de outros com características pedoclimáticas semelhantes, de certa forma, reflete a relação centro-periferia no que diz respeito ao acesso a conhecimento e recursos, bem como aos principais veículos difusores de conhecimento da área. Desta forma, fatores como acesso à expertise, recursos e visibilidade podem estar influenciando fortemente a produção de conhecimento em solos no subcontinente.

Outros fatores a serem considerados na relação de colaboração da região são os grandes desafios da área de solos. Os termos de indexação e a classificação temática dos periódicos na base *Scopus* apontam para uma disciplina já alinhada ao *mainstream* internacional da área de Ciências Ambientais, Biológica e de Agrárias. Desta forma, a pesquisas em temas como

contaminação do solo, matéria orgânica, fertilidade e manejo do solo e da água, são de considerável complexidade e a busca por soluções passa certamente por grandes redes.

Apesar da importância da colaboração na área de solos, fica evitente, através dos mapas de colaboração, que os próprios atores regionais não se veem como parceiros preferenciais. Os países do subcontinente compartilham muitos interesses socioagroambientais em comum, desde características pedoclimáticas a biomas e demandas sociais, tornando-se premente que os atores da região se vejam como parceiros prioritários da construção de um corpo sólido de conhecimento em solos tropicais.

8.4 Conclusões

A proposta de analisar práticas de uma área científica através de ferramentas cientométricas é sempre um desafio e uma incógnita, pois muitas vezes os resultados encontrados não refletem o esperado. A utilização dos métodos quantitativos de tratamento da informação científica como instrumento de análise aplicado a uma área do conhecimento mostra-se, muitas vezes, arriscada, considerando-se a mutabilidade do objeto analisado a partir de uma grande linha temporal e outros fatores envolvidos que não são refletidos nesse tipo de estudo. Todavia, os resultados produzidos permitem algumas conclusões.

A dinâmica da comunidade científica na área de solos exposta através dos indicadores quantitativos aponta para uma disciplina “renascida”, cuja configuração multidisciplinar já é uma realidade. Os temas encontrados nos registros bibliométricos, a grande diversidade de classificação dos principais veículos de comunicação científica e a rede robusta de colaboração são o retrato de uma área que foi se reconfigurando ao longo do tempo.

O crescimento da população tem impulsionado a produção agrícola e exercido enorme pressão sobre o uso de recursos naturais (MINAMI, 2009). Tendo em vista o papel do solo como base para sustentação da vida, pesquisas no tema estão de volta à agenda global e há uma demanda crescente por informação de solo em todo o planeta. Desta forma, o cenário voltou a ser favorável para a disciplina, contudo é preciso buscar soluções para alguns “gargalos” da região,

como a grande concentração de *papers* em poucos países e as tênues linhas de colaboração regional. A troca de conhecimento através da capacitação de pessoal seria uma forma de estimular o desenvolvimento do tema nos países periféricos da região e fortalecer os laços de colaboração.

O estudo também revela que os principais temas de pesquisa da região se enquadram no que podemos chamar de Ciência do Solo aplicada - mais voltada a manejo, silvicultura, fertilidade e meio ambiente, áreas chave para o futuro da disciplina. A pesquisa em solos na América Latina está seguindo o caminho Ciência do Solo apontado na literatura - disciplina com origem nas Ciências da Terra, com forte aplicação agrícola e com vocação cada vez mais ambiental.

O enfoque da sustentabilidade deve ditar os rumos da pesquisa em solos e, conseqüentemente, como aponta Yli-Hala (2006), o futuro da Ciência do Solo vai depender muito da multidisciplinaridade, devendo ampliar a ação intercomunicativa de especialistas de diversos saberes, atores políticos e sociedade em geral.

A demanda por respostas é urgente, o que abre um grande leque para a inovação tecnológica nos métodos e técnicas utilizados em solos. Neste cenário é preciso que Ciência do Solo latino-americana dê respostas rápidas e estruturadas para a sociedade, ao mesmo tempo em que é preciso avançar na integração regional.

6.3 Limites da Pesquisa

Com a construção de cenários da área de solos através de indicadores cientométricos de publicação, ligação e citação, procuramos, além de mapear a área, encontrar os fatores que influenciaram o quadro diagnosticado - o que nem sempre foi possível, tendo em vista que se trabalhou apenas com dados quantitativos. Isto porque a cientometria aplicada à análise da produção científica tem seus limites (como outras metodologias), o que não a desabona. O importante é reconhecer quais são esses limites para que a metodologia seja usada de forma correta na geração de informações confiáveis e úteis para posterior análise. É indubitável que

outras metodologias - como a análise por pares, a análise de redes sociais e a análise de conteúdo - quando empregadas conjuntamente, podem acrescentar informações preciosas para uma montagem de um quadro mais completo sobre a dinâmica de produção científica.

No entanto, o enfoque cientométrico desta tese é de particular importância posto que é uma das formas mais usadas para medir a atividade e o impacto do setor de C&T de qualquer país, revelando-se útil na caracterização da atividade científica em solos, distinguindo seus atores, relações e tendências.

Almeja-se que o estudo apresentado seja de utilidade para os pesquisadores da área e gestores da política científica regional, uma vez que o estudo esclarece alguns fenômenos da produção científica na área de solos.

6.4 Sugestão para estudo futuro

Após a finalização dos objetivos propostos, o presente estudo motivou questionamentos a respeito da formação de pesquisadores da área de solos e a influência dos programas de pós-graduação e agências de fomento na produção científica e na formação de suas redes.

Os dados abaixo apresentam indicadores de formação da disciplina no Brasil e pode ser utilizado como ponto de partida para um estudo futuro da disciplina no país e na América Latina.

O Quadro 8.1 nos permite observar os programas de pós-graduação na área de Solos no Brasil: nota-se que apenas um programa brasileiro recebeu, na última avaliação da Capes, a nota máxima 7, enquanto dois programas ficaram com nota 6, cinco com nota 5, quatro com nota 4 e apenas dois com nota 3.

Quadro 8.1. Programas de Pós-Graduação na área de Solos no Brasil.

Instituição	Programa	Nível	CAPES
USP/ESALQ	SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS	M/D	7
UFLA	CIÊNCIA DO SOLO	M/D	6
UFRRJ	CIÊNCIAS DO SOLO	M/D	6
UNESP	CIÊNCIA DO SOLO	M/D	5
UFMS	CIÊNCIA DO SOLO	M/D	5
UFRGS	CIÊNCIA DO SOLO	M/D	5
UFRPE	CIÊNCIAS DO SOLO	M/D	5
UFV	SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS	M/D	5
UFPR	CIÊNCIAS DO SOLO	M	4
UFC	SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS	M	4
UFPB	MANEJO DE SOLO E ÁGUA	M	4
UDESC	MANEJO DO SOLO	M/D	4
FUFPI	SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS	M	3
UFERSA	CIÊNCIA DO SOLO	M	3

Fonte: Capes (2010).³⁷

A avaliação da Capes indica que, apesar do resultado positivo, é preciso que os programas busquem o padrão internacional de excelência (6 e 7).

³⁷ www.capes.gov.br

A Figura 11 nos apresenta a distribuição de bolsas de pós-graduação concedidas pela Capes para a área de Solos expondo que, com exceção das de pós-doutorado, em 2008 a área recebeu um número maior de bolsas.

Já a Figura 12 apresenta a distribuição de bolsas de pós-graduação concedidas pela CNPq para a área de solos mostrando que, ao contrário da Capes, a agência concedeu em 2009 um número maior de bolsas para a área, com destaque para o nível de Mestrado.

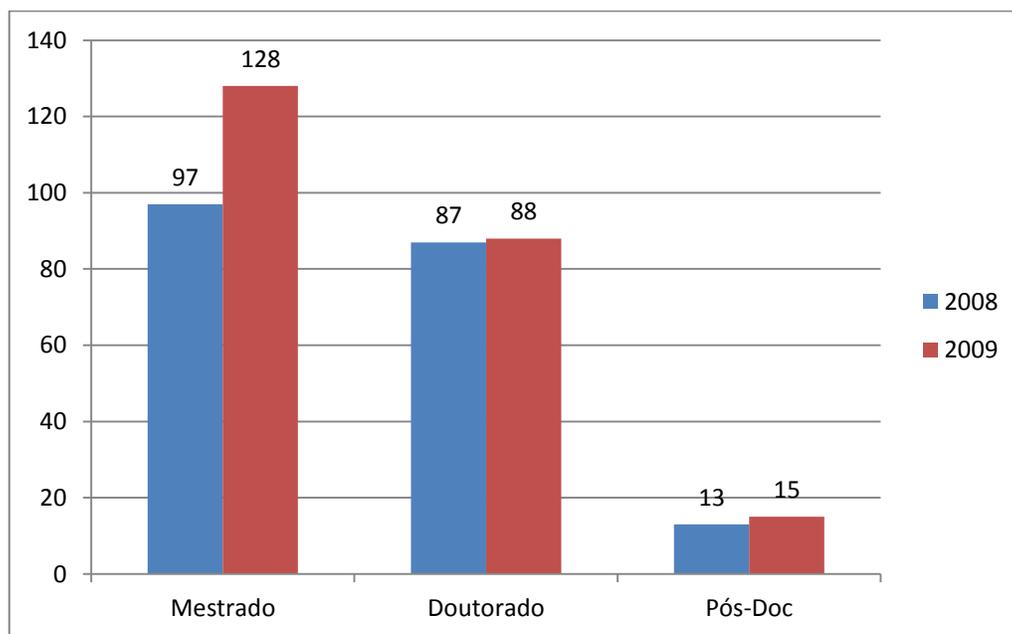


Figura 8.1. Bolsas Capes de pós-graduação concedidas para a área de solos (2008-2009).
Fonte: Geocapes (2010).³⁸

³⁸ <http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/>

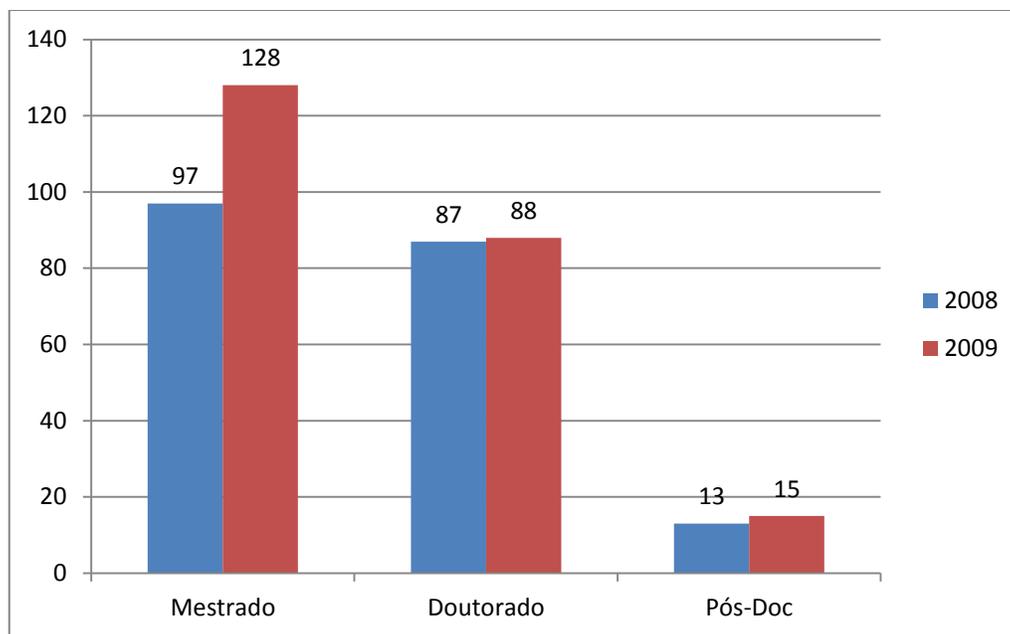


Figura 8.2. Bolsas CNPq de pós-graduação concedidas para a área de solos (2008-2009).
Fonte: CNPq/AEI.³⁹

As figuras indicam a necessidade de se fortalecer a capacitação dos doutores na área de solos, com a concessão de um número maior de bolsas de pós-doutorado, sendo importante observar que foram analisadas apenas as duas principais agências nacionais de fomento e que a distribuição de bolsas pode ser diferente nas FAPs.

A partir das considerações apresentadas, apontamos a necessidade da realização de estudos qualitativos abrangendo a comunidade científica brasileira e latino-americana na área de solos. Além da análise de dados quantitativos dos grupos, podem ser realizadas (através da aplicação de entrevistas semiestruturadas), coletas de dados qualitativos para complementar e esclarecer as informações oriundas dos indicadores de formação e fomento.

³⁹ AEI. **Arquivos eletrônicos** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <r.arcanjo@cnps.embrapa.br>. em 11 jan. 2011.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.

BAVEYE, P.; JACOBSON, A. R.; ALLAIRE, S. E.; TANDARICH, J. P.; BRYANT, R. B. Whither goes soil science in the United States and Canada? **Soils Science**, v. 171, p. 501-518, 2006.

BARRETO, A. G. O. P. **História e geografia da pesquisa brasileira em erosão do solo**. 119 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BREVIK, E. C.; HARTEMINK, A. E. Early soil knowledge and the birth and development of soil Science. **Catena**, v. 83, p. 23-33. 2010.

BROWN, R. B. Soil science: an earth science. **Geotimes**, v. 41, n. 5. 1996

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Campinas, SBCS, 1993. 89 p.

CHURCHMAN, G. J. The philosophical status of soil Science. **Geoderma**, v. 157, p. 214–221, 2010.

CURI, N.; LARACH, J. O. I.; KAMPF, N.; MONIZ, A. C.; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Campinas, SBCS, 1993. 89 p.

DORTA-GONZALEZ, P.; DORTA-GONZALEZ, M. I. Indicador bibliométrico basado en el índice h. **Revista Española de Documentación Científica**, v. 33, n. 2, p. 225-245, 2010.

ESPINDOLA, C. R. Os primórdios de uma ciência para estudo dos solos. In: ESPINDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a Pedologia**. Campinas: Editora Unicamp, 2009a. p. 57.

_____. Abrangência da Ciência do Solo. In: ESPINDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a Pedologia**. Campinas: Editora Unicamp, 2009b. p. 27.

_____. Caracterizações pedológicas de rotina. In: ESPINDOLA, C. R. **Retrospectiva crítica sobre a Pedologia**. Campinas: Editora Unicamp, 2009c. p. 125.

FONTANA, A. **Pedologia, levantamento e mapeamento de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

GINSPAR, P. ArXiv at 20. **Nature**, v. 476, p. 145-147, 2011.

GISKE, J. Benefitting from bibliometry. **Ethics in Science and Environmental Politics**, v. 8, p. 79-81, 2008.

HARTEMINK, A. Soils are back on the global agenda. **Soil Use and Management**, v. 24, p. 327-330, 2008.

HARTEMINK, A. E.; MCBRATNEY, A. B. A soil science renaissance. **Geoderma**, 148, p. 123-129, 2008.

JENNY, H. Factors of soil formation: a system of quantitative pedology. New York: McGraw Hill, 1941. 281 p.

LANDA, E. R.; COHEN, B. Studies from the history of soil science and geology. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 35, p. 849-850, 2010.

LANDA, E. R. Soil science and geology: connects, disconnects and new opportunities in geoscience education. **Journal of Geoscience Education**, v. 52, p. 191–196, 2004.

LAWRENCE, P. A. The mismeasurement of science. **Current Biology**, v. 17, p.583–585, 2007.

MENDONÇA-SANTOS, M. de L. Situação atual e tendências da Ciência do Solo no Brasil. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIENCIA DO SOLO. 2., 2011, Curitiba. **Resumos...** Curitiba: UFPR, 2011.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SANTOS, H. G. dos. The states of the art of brazilian soil mapping and prospects for digital soil mapping. In: LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B.; VOLTZ, M. (Ed.). **Digital Soil Mapping: an introductory perspective**. Amsterdam: Elsevier, 2007. (Developments in Soil Science, 31).

MERMUT, A. R.; ESWARAN, H. Opportunities for soil science in a milieu of reduced funds. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 77, p. 1-7, 1997.

MINAMI, K. Soil and humanity: culture, civilization, livelihood and health. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 55, n.5, p. 603-615, 2009.

MOED, H. F. The impact-factor debate: the ISI's uses and limits. towards a critical, informative, accurate and policyrelevant bibliometrics. **Nature**, v. 415, p. 731–732, 2002.

SCHARPENSEEL, H. W.; AYOUB, A.; SCHOMAKER, M. **Soils on a warmer earth**: effects of expected climate change on soil processes: with emphasis on the tropics and sub-tropics. Amsterdam: Elsevier, 1990, (Developments in Soil Science, 20).

SISTEMA Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SPOSITO, G.; REGINATO, R. J. (Ed.). **Opportunities in basic Soil Science research**. Madison: SSSA, 1992.

SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 2000.

TANDARICH, J. P. History to early-mid 20th century. In: LAL, R. (Ed.). **Encyclopedia of Soil Science**. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 659–662.

TAYLOR, M.; PERAKAKIS, P.; TRACHANA, V. The siege of science. **Ethics in Science and Environmental Politics**, v. 8, p. 17-40, 2008.

TROEH, F. R., HOBBS, J. A., DONAHUE, R. L. **Soil and water conservation for productivity and environmental protection**. 4th Upper Saddle: Ed. Prentice Hall, 2004.

VAN RAAN, A. F. J. Fatal attraction: Conceptual and methodological problems in the ranking of universities by bibliometric methods. **Scientometrics**, v. 62, n. 1, p. 133-143, 2005.

VIEIRA, M. J.; WAMBEKE, J. Van. Planificación del uso de la tierra enfocada al suelo y el agua: la experiencia de la fao en américa latina y el caribe. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO. 14., 2002. Cuiabá, MT. **Anais...** Cuiabá: SBCS, 2002.

WHITE, R. E. Soil Science - raising the profile. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 961-977, 1997.

WILDING, L. P.; LIN, H. Advancing the frontiers of soil science towards a geoscience. **Geoderma**, v. 131, 9. 257-274, 2006.

YLI-HALA, M. Some reflections on the soil science. In: HARTEMINK, A. E. (Ed.). **The Future of Soil Science**. Wagening: IUSS, 2006.

ZITTI, M.; BASSECOULARD, E. Challenges for scientometric indicators: data demining, knowledge-flow measurements and diversity issues. **Ethics in Science and Environmental Politics**, v. 8, p. 49-60, 2008.

ANEXO I

Indicadores bibliométricos de colaboração científica na área de Ciência do Solo

Introdução

Ainda é comum no imaginário popular a figura do cientista solitário. No entanto, esta imagem faz cada vez mais parte do passado, pois a prática científica está cada vez mais dependente da diligência dos grupos de pesquisa em trabalhar em sistemas colaborativos, à medida que os grandes temas de estudo e os problemas da sociedade se tornaram globais e multidisciplinares (HOEKMAN et al., 2010). Tendo em vista esta nova realidade, tornou-se prioritário para a área de Política Científica e Tecnológica (PC&T), mapear e estudar os processos envolvidos na colaboração e suas implicações para a organização da ciência (KRETSCHMER, AGUILLO, 2004; KATZ; MARTIN, 1997).

O *modus operandi* da ciência tem mudando rapidamente, com a criação de redes internacionais e dinâmicas de pesquisa cuja prática de colaboração é vista pelas agências de PC&T como imprescindível ao *ethos científico* (WAGNER; LEYDESDORFF, 2005), tornando-a essencial ao desenvolvimento econômico, cultural e científico dos países em desenvolvimento (OCDE, 2003).

Embora seja crescente o interesse pelo tema, estudar a colaboração científica é algo complexo, uma vez que as práticas da produção de conhecimento apresentam diversas interfaces (ABRAMO et al., 2009). Neste estudo, optou-se por analisar aspectos da colaboração científica a partir das co-autorias de publicações, através da análise bibliométrica dos dados de países da América Latina na área de ciência de solo.

Optou-se por analisar os dados da área de solos pela visibilidade da área de agrárias que desempenha um papel importante no aumento da visibilidade da pesquisa científica latino-americana (KRAUSKOPF, 1995). A escolha do período analisado teve o objetivo de limitar o estudo, sem perda de atualidade dos dados.

O texto está estruturado em quatro seções principais: breve caracterização da prática de colaboração científica e do uso de co-autoria para análise de colaboração; apresentação da metodologia de coleta dos dados extraídos da base Scopus no período de 1999-2010; apresentação e análise dos resultados obtidos dispostos em mapas bibliométricos e considerações finais.

A prática da colaboração científica

A colaboração científica é um processo intrinsecamente social e, como qualquer outra forma de interação, pode ser influenciada por diversos fatores (KATZ; MARTIN, 1997). Entre os principais Hoekman et al. (2010) destacam a influência de atores econômicos, científicos, culturais e geográficos.

Os estudos de Bozeman e Corley (2004), Leydesdorff e Wagner (2008) Abramo et al. (2009), Hoekman et al. (2010) e Narin et al. (1991) apontam algumas das principais razões para a colaboração entre pesquisadores:

- **Acesso à expertise:** a especialização crescente das áreas científicas e os problemas cada vez mais complexos da sociedade estimulam a formação de equipes multidisciplinares para fazer frente aos novos desafios, o que favorece a colaboração. Áreas que são por definição interdisciplinares certamente apresentam forte tendência a colaborar mais do que setores “verticais” onde a pesquisa tende a ser mais “intramuros”.
- **Acesso a recursos:** a pesquisa científica é uma prática dispendiosa e seu alto custo tem levado à cooperação no sentido de diluir os gastos, evitando a criação de capacidades redundantes.
- **Visibilidade e prestígio:** é comum a parceria com pesquisadores de maior prestígio na comunidade científica, objetivando maior visibilidade e impacto para suas atividades. Também é apontado que as publicações decorrentes de projetos de colaboração internacional são citadas com maior frequência.

- Laços pessoais: os laços criados entre alunos e orientadores durante o processo de aprendizagem em níveis de graduação e pós-graduação é fator importante na escolha de parcerias científicas – tais laços estimulam a formação dos chamados colégios invisíveis.
- Produtividade: muitos pesquisadores veem na prática de colaboração oportunidade para alcançar maior produtividade científica, tendo em vista que os esforços de pesquisa e de publicação são distribuídos.
- Espaço geográfico: a importância dos espaços geográficos é considerável, uma vez que pesquisadores de uma mesma determinada localidade podem interagir mais intensamente para a resolução de questões locais e regionais.

Além dos itens apontados, Abramo et al. (2009) também destacam que há uma tendência crescente e bem estabelecida por parte das agências de PC&T no uso de medidas específicas para promoção da cooperação científica, resultando em políticas que incitam a colaboração. Como exemplo, podemos destacar as políticas da Comissão Europeia que apoiam a criação de redes e o comportamento das chamadas “*Big Sciences*” que apoiam iniciativas cujo caráter colaborativo e internacional é requisito fundamental para o financiamento (HOEKMAN et al., 2010).

Também são importantes no estabelecimento de parcerias científicas as tradições históricas e culturais (EL ALAMI et al., 1992) e o conjunto de crenças, valores e técnicas compartilhadas por membros de uma determinada comunidade (KUHN, 1970 apud CHAVARIAS; COINTET, 2008).

As metodologias relacionadas ao estudo da colaboração científica se dividem em dois grupos: a primeira é qualitativa e visa pesquisar os fatores que motivam a colaboração; a segunda é foco deste trabalho e visa, através da análise de dados bibliográficos, mapear e medir de forma quantitativa a colaboração.

Co-autoria e estudo da colaboração científica

O método bibliométrico para análise da colaboração científica é o estudo de co-autoria (GLANZEL, 2002) onde, através do registro da autoria múltipla e afiliação institucional, podemos extrair dados sobre a colaboração. Entretanto, o juízo de que a autoria múltipla e colaboração são sinônimos deve ser analisado com o pressuposto de que a co-autoria é apenas uma das formas de se conhecer a colaboração, não sendo o único indicador de relação estabelecida (CELIS, 2002).

Outro dado a ser levado em consideração é a existência de vários fatores associados à co-autoria que transcendem a colaboração *per se* (PARREIRAS et al., 2006), como o reconhecimento de que nem toda colaboração se traduz em co-autoria e da existência de elementos subjetivos ligados ao crédito de autoria.

Apesar de serem indicadores parciais, muitos estudos têm utilizado os dados de co-autoria para estudo de colaboração. Solla Price foi um dos primeiros defensores do uso de co-autoria como instrumento de estudo da colaboração (KATZ; MARTIN, 1997) e, tendo em vista a dificuldades de se medir a colaboração em função de sua complexidade, tais dados se tornaram um dos principais instrumentos de mensuração da atividade colaborativa. Assim apesar da avaliação de co-autoria apresentar limitações, ela é hoje um importante aferidor da prática de colaboração formal, sendo considerado um instrumento válido para análise de colaboração entre diferentes instituições ou países (SANCHO et al., 2006), o que nos fez optar por esta ferramenta na elaboração deste estudo.

Este trabalho busca mapear não só as co-autorias entre os países da América Latina na área de ciência do solo, mas também expor como estas nações se relacionam com países de outras regiões. É necessário enfatizar que este estudo não abarca a totalidade da colaboração da região na área estudada, sendo somente o retrato disponível em uma das principais bases internacionais.

Metodologia

A fonte dos dados usada no estudo é à base de dados multidisciplinar Scopus. A escolha deve-se à sua abrangência: 16.000 títulos de 4.000 editoras, sendo à base de dados com maior cobertura de publicações internacionais e latino-americanas ocorridas a partir de 1996⁴⁰.

A expressão de busca que pode ser observada no quadro 1, combina termos aplicados aos campos: título, resumo e palavras-chave para descrever o assunto (ciência do solo), com termos no campo afiliação visando restringir a área geográfica (América Latina), ano de publicação limitando o período (1999-2010) e tipo de documento para focar naqueles de interesse para a análise bibliométrica. Os descritores para recuperação dos artigos relativos à área de Solos foram escolhidos a partir da experimentação de diversas estratégias de busca.

Quadro 1. – Estratégia de busca para recuperação de dados sobre publicações científicas de países da América Latina em Ciência dos Solos na base de dados Scopus.

Expressão:

(TITLE-ABS-KEY("soil quality" OR "soil structure" OR "soil microorganism" OR "soil pollutants" OR "soil amendment" OR "soil erosion" OR "soil classification" OR "pedogenesis" OR "soil degradation" OR "soil aggregate" OR "soil conservation") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("soil science" OR "soil organic matter" OR "soil water" OR "soil pollution" OR "soil property" OR "soil analysis" OR "soil moisture" OR "soil mechanics" OR "soil chemistry" OR "soil nitrogen" OR "soil profile" OR "soil management" OR "agricultural soil") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("soil nutrient" OR "soil fertility" OR "soil study" OR "soil morphology" OR "pedology" OR "edaphology" OR "soil chemistry" OR "soil mapping" OR "digital soil mapping" OR "soil texture" OR "soil texture" OR "soil biology" OR "soil texture") AND PUBYEAR AFT 1998) OR (TITLE-ABS-KEY("Soil Mineralogy" OR "Soil Micromorphology" OR "Soil Clay" OR "Soil Development" OR "Soil Formation" OR "Soil Horizons" OR "Soil Class" OR "Soil Cover" OR "Soil Acidity" OR "Soil Depth" OR "Soil Series" OR "Soil Order" OR "Soil Survey" OR "Soil Research") AND PUBYEAR AFT 1998) AFFILCOUNTRY(brazil OR argentina OR uruguay OR paraguay OR chile OR venezuela OR peru OR bolivia OR colombia OR ecuador OR mexico OR guatemala

⁴⁰ <http://www.info.scopus.com>

OR panama OR haiti OR cuba OR belize OR "dominican republic" OR honduras OR "el Salvador" OR nicaragua OR "costa rica") AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "re") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "le"))

Registros: 5.554

A busca, restrita aos anos de 1999 a 2010, recuperou 5.554 artigos que sofreram tratamento bibliométrico automatizado através do software VantagePoint⁴¹, que nos possibilitou elaborar matrizes de colaboração. Foram utilizados os softwares Ucinet⁴² e Netdraw⁴³ na elaboração da rede de parcerias.

Resultados e discussão

A partir dos dados coletados na base Scopus foram produzidos mapas de co-autoria que vão nos ajudar a compreender a atividade científica na área de ciência do solo. Para uma melhor compreensão dos mapas é importante destacar que o tamanho dos nós é proporcional ao número de publicações e a espessura das linhas é proporcional ao número de co-autorias.

Na figura 1 é retratada a colaboração científica entre países da América Latina, podendo ser observado que países como Brasil, México e Argentina são os principais produtores de conhecimento no tema, mantendo laços com a grande maioria dos países da região.

⁴¹ www.thevantagepoint.com

⁴² <http://www.analytictech.com/ucinet/>

⁴³ <http://www.analytictech.com/netdraw/netdraw.htm>

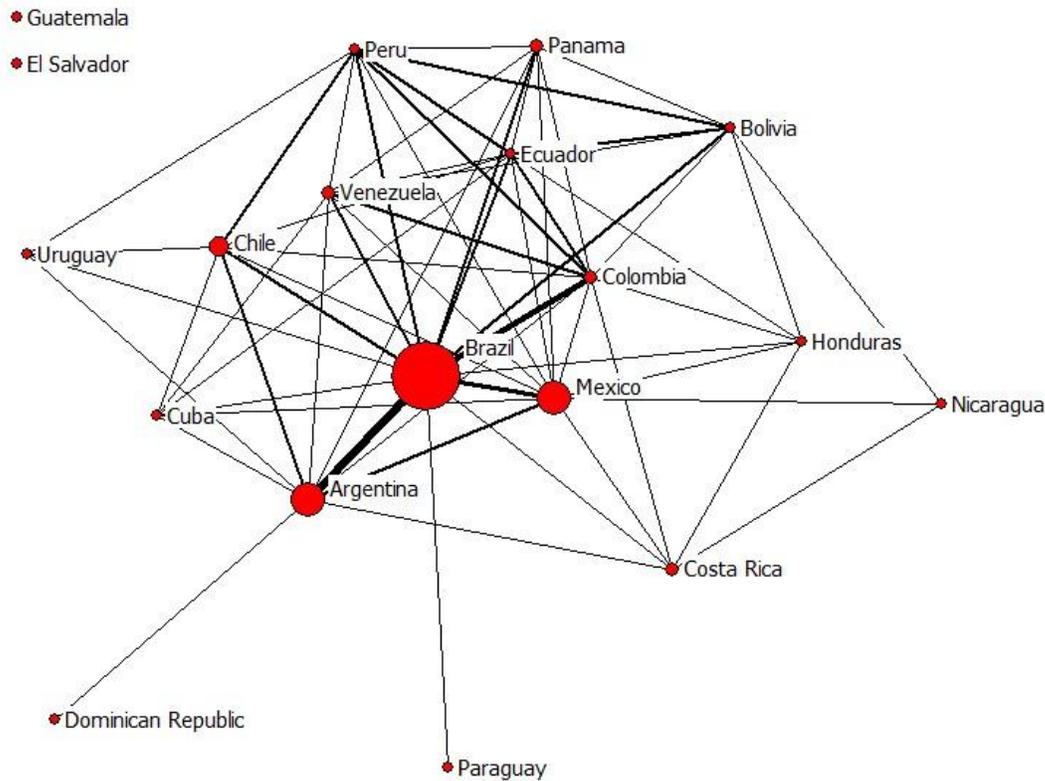


Figura 1 – Mapa de co-autoria latino-americana na área de ciência do solo no período de 1999-2010, segundo dados extraídos da base de dados Scopus.
 Fonte: Scopus (2010).

É interessante destacar a forte colaboração de alguns países com o Brasil: é o caso da Argentina, Colômbia e, em menor escala, do México. Na periferia do mapa estão concentrados os países da porção central do continente americano que não apresentaram co-autoria com outros países da região e a República Dominicana que apresenta apenas laços de colaboração com a Argentina.

O mapa nos permite identificar os principais nós da rede de cooperação latino-americana: Brasil e Argentina no hemisfério sul e México na porção norte.

A figura 2 apresenta a colaboração com países externos à região: a rede de cooperação se torna mais robusta, o que indica que a produção científica na área de ciência do solo é feita em grande parte através da cooperação com outras regiões do globo. Segundo Leydesdorff e Wagner

(2008), este fenômeno pode indicar que a atividade científica da região busca a atuação com atores internacionais de maior dimensão visando atingir os principais veículos de publicação da área de ciência do solo.

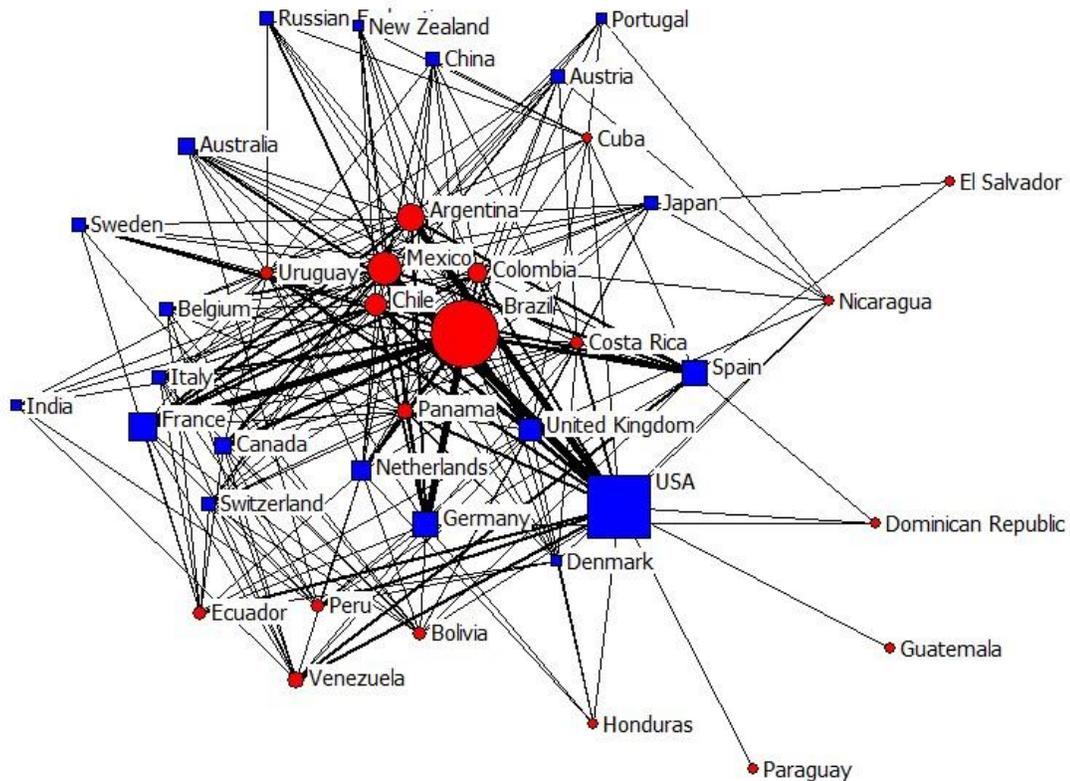


Figura 2 – Mapa de co-autoria América Latina - Mundo na área de ciência do solo no período de 1999-2010, segundo dados extraídos da base de dados Scopus.

Fonte: Scopus (2010).

O mapa nos mostra um volume intenso de co-autoria com os Estados Unidos e países da Europa Ocidental, além de vínculos com a Rússia (com forte tradição na área de Ciência do Solo (IBGE, 2007), China e Índia (países emergentes no cenário internacional) e com a Austrália que apresenta importantes contribuições na geração de conhecimento de solos para agricultura de precisão.

Outro destaque é a considerável colaboração com França e Espanha, demonstrada pela quantidade de conexões de co-autoria, que pode ser explicado pela união cultural e lingüística entre o continente americano e estas duas nações.

Os dados apresentados retratam uma atividade científica fortemente alinhada ao *mainstream* internacional americano e europeu, o que provavelmente indica que a pesquisa em solos na América Latina atende demandas globais por conhecimento. Também é interessante notar a parceria com países que compartilham as mesmas faixas climáticas e, por essa razão, apresentam problemas comuns na área de agricultura, como no caso da China, Índia e Austrália.

Além dos itens apontados, outro fator que influencia a rede de cooperação latino-americana, são as redes sociais estabelecidas através de laços de aprendizado e tal fato pode ser exemplificado pelo quadro 2 que nos apresenta a distribuição de bolsas de formação e treinamento no exterior na área de Ciências Agrárias concedidas pela coordenação de pós-graduação do principal ator da região (Brasil).

Quadro 2 - Distribuição de bolsas Capes de formação e treinamento no exterior na área de ciências agrárias no período de 1999-2009.

Região	1999- 2000	2001- 2002	2003- 2004	2005- 2006	2007- 2008	2009	Total
EUA e Canadá	128	110	113	121	91	47	610
Europa	106	90	103	136	201	95	731
Ásia	1	0	0	0	0	0	1
Oceania	9	9	9	9	5	1	42
América Latina	2	1	2	1	2	2	10
							1394

Fonte: Geocapes (2010)⁴⁴.

⁴⁴ GEOCAPES. Distribuição de bolsistas da Capes no exterior: ciências agrárias. Disponível em: <<http://geocapes.capes.gov.br/geocapesds/>>. Acesso em: 03 set 2010.

O quadro nos mostra uma distribuição de bolsas em clara sintonia com a rede exposta na figura 2 e indica que o peso dos laços estabelecidos durante a formação e treinamento de pesquisadores é considerável na rede de cooperação da região.

A figura 3 apresenta os principais centros de produção do conhecimento em solos na América Latina: das 20 instituições em destaque, 12 são brasileiras e as demais pertencem à Argentina, México e Chile.

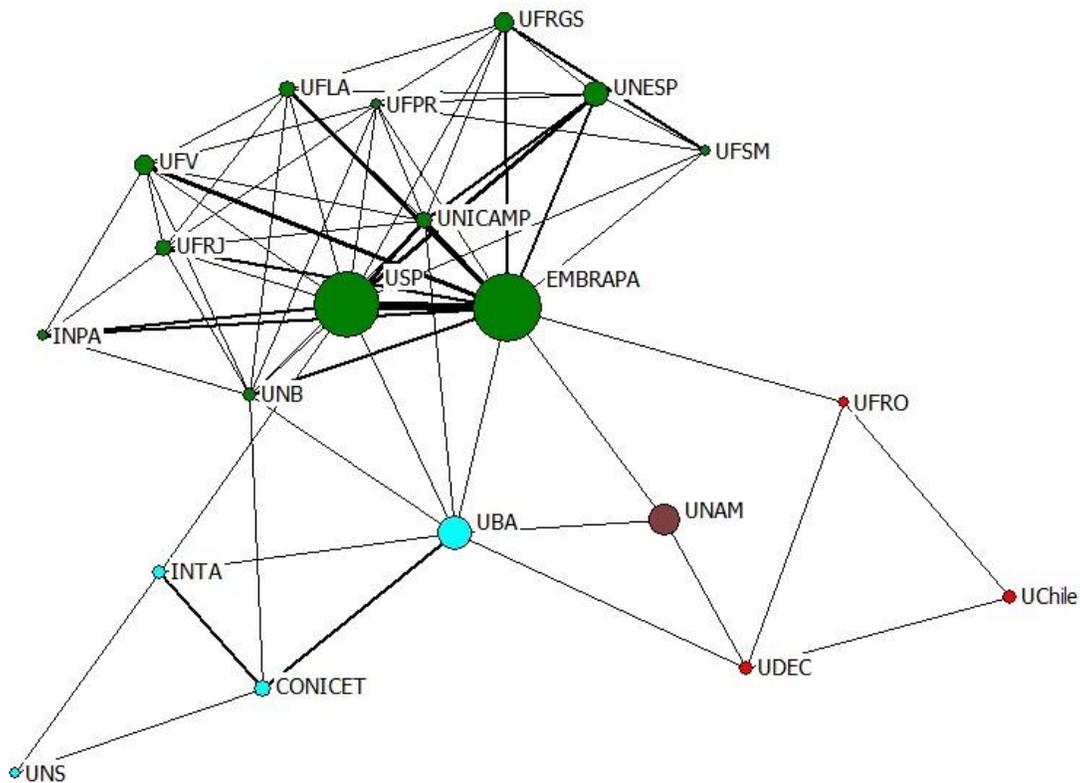


Figura 3 – Mapa de co-autoria de Instituições latino-americanas em ciência do solo no período de 1999-2010, segundo dados extraídos da base de dados Scopus. Fonte: Scopus (2010).

O mapa expõe uma convergência acentuada no que tange à cooperação nacional, demonstrando a preferência das instituições em interagir com outras dentro de seu próprio país e revelando possível limitação decorrente da barreira lingüística (Português X Espanhol) na hora de colaboração. Outros fatores que podem estar estimulando a parceria em esfera nacional são as

políticas na área de Ciência e Tecnologia (C&T) e o fomento estatal presentes na quase totalidade dos países latino-americanos.

Entre as instituições brasileiras merecem destaque a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Universidade de São Paulo (USP) como principais centros produtores de conhecimento na região e que apresentam cooperação com diversas instituições latino-americanas. Outras instituições de destaque são a Universidade de Buenos Aires (UBA) e o Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – (CONICET) na Argentina, a Universidade Nacional Autónoma no México e as Universidades de Concepción e de La Frontera no Chile.

A cooperação entre as instituições latino-americanas reflete os dados da figura 1 e, com exceção das universidades chilenas, o mapa apresenta apenas instituições dos principais países-nós na região.

Na figura 4 é possível observar os centros da região e seus principais parceiros externos. Através da rede de instituições, nota-se que os centros da região cooperam prioritariamente com instituições americanas e européias.

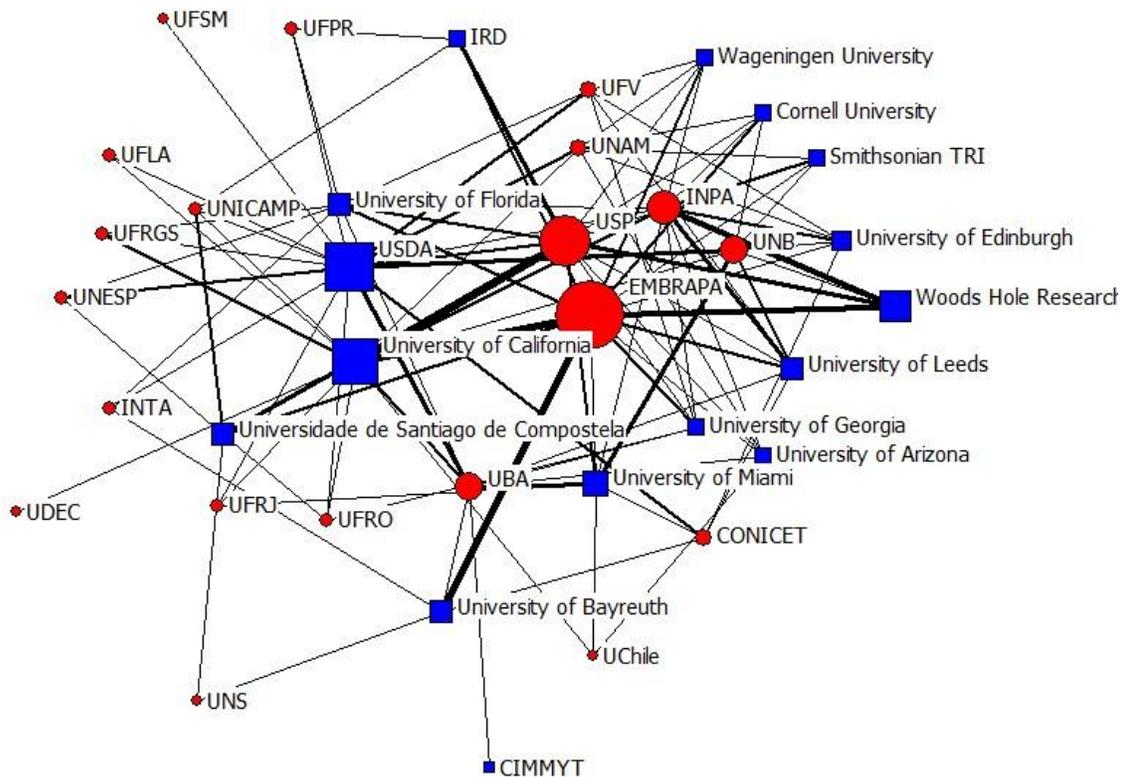


Figura 4 – Mapa de co-autoria de Instituições da América Latina e do mundo na área de Ciência do Solo no período de 1999-2010, segundo dados extraídos da base de dados Scopus.
 Fonte: Scopus (2010).

O mapa nos mostra que a participação dos centros norte-americanos é predominante: Embrapa, USP, INPA e UBA cooperam intensamente com as Universidades de Bayreuth e da Califórnia, Woods Hole Research Center e USDA, revelando uma possível influência destes sobre seus pares latinos.

Considerações finais.

Os indicadores aqui apresentados nos permitiram observar alguns fatores que influenciam a prática de colaboração científica e a própria dinâmica da área de ciência do solo na América Latina.

A intensa colaboração com os Estados Unidos e diversos países da Europa reflete a relação centro-periferia no que diz respeito ao acesso ao conhecimento e recursos, bem como aos principais veículos difusores de conhecimento da área. Desta forma, fatores como acesso a expertise, recursos e visibilidade podem estar influenciando fortemente a produção de conhecimento em solos na América Latina.

Os dados também demonstram que a rede de aprendizagem, os componentes geográficos e lingüísticos também influem na prática de colaboração entre os países latino-americanos e na escolha de seus parceiros externos, como foi visualizado no quadro 2 e nas figuras 3 e 4.

A figura 1 apresenta linhas tênues de co-autoria entre os países da América latina e indica a necessidade de políticas de fortalecimento da colaboração científica na região, bem como a rede exposta na figura 2 demonstra a necessidade de integração com países africanos e de outras regiões do globo que apresentem zonas pedo-climáticas semelhantes e que, provavelmente, compartilham questões similares na área de solos.

Os dados de co-autoria latino-americana na área de ciência do solo nos permitiram visualizar importantes aspectos da prática de colaboração ao mapear as redes e confirmar a interferência de diversos fatores, com claras implicações para a área de PC&T. No entanto é importante destacar que, apesar dos aspectos importantes levantados no estudo, a prática de colaboração científica é uma atividade complexa e requer, para composição de um retrato mais completo, o acesso a outros registros colaborativos e a estudos qualitativos da prática.

Referências

ABRAMO, G.; D'ANGELO, C. A.; DI COSTA, F. Research collaboration and productivity: is there correlation? **High Educ.**, v. 57, p.155–171, 2009.

BOZEMAN, B.; CORLEY, E. Scientists' collaboration strategies: implications for scientific and technical human capital. **Research Policy**, v. 33, p. 599-616, 2010.

CELIS, A. R. **A dinâmica da comunidade científica na produção do conhecimento: um estudo da imunologia no Brasil e na Colômbia**. 2002. 235 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CHAVALARIAS, D.; COINTET, J. P. Bottom-up scientific field detection for dynamical and hierarchical science mapping, methodology and case study. **Scientometrics**, v. 73, n. 1, p. 249-263, 2008.

EL ALAMI, J.; DORE, J. C.; MIQUEL, J. F. International scientific collaboration in arab countries. **Scientometrics**, v. 23, n. 1, p. 249-263, 1992.

GLÄNZEL, W. Coauthorship patterns and trends in the sciences (1980.1998): a bibliometric study with implications for database indexing and search strategies. **Library Trends**, v. 50, p. 461.473, 2002.

HOEKMAN, J.; FRENKEN, K.; TIJSSEN, R. J. W. Research collaboration at a distance: changing spatial patterns of scientific collaboration within Europe. **Research Policy**, v. 30, p. 662-673, 2010.

IBGE. **Manual técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

KATZ, J. S.; MARTIN, B. R. What is research collaboration? **Research Policy**, v. 26, p. 1-18, 1997.

KRAUSKOPF, M.; VERA, M. I.; KRAUSKOPF, V.; WELLJAMS-DOROF, A. A citationist perspective on science in Latin America and the Caribbean, **Scientometrics**, v. 34, n. 1, p. 3-25, 1995.

KRETSCHMER, H.; AGUILLO, I. F. Visibility of collaboration on the Web. **Scientometrics**, v. 61, n. 3, p. 405-426, 2004.

LEYDESDORFF, L.; WAGNER, C. S. International collaboration in science and the formation of a core group. **Journal of Informetrics**, v. 2, p. 317-325, 2008.

NARIN, F.; STEVENS, K.; WHITLOW, E. S. Scientific cooperation in Europe and the citation of multinationally authored papers. **Scientometrics**, v. 21, n.3, p. 313-323, 1991.

OCDE. **Ministerial declaration on international science and technology co-operation for sustainable development**. Paris: DSTP/STP, 2003. 34 p.

PARREIRAS, F.; SILVA, A. B. de O.; MATHEUS, R. F.; BRANDÃO, W. C. RedeCI: colaboração e produção científica em ciência da informação no Brasil. **Perspectivas em ciência da informação**, Belo Horizonte, v. 11, n. 3, dez. 2006

SANCHO, R.; MORILLO, F.; DE FILIPPO, D. GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, M. T. Indicadores de colaboración científica inter-centros en los países de América Latina. **Interciencia**, v. 31, n. 4, 2006.

SANCHO, R.; MORILLO, F.; DE FILIPPO, D. GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, M. T. Indicadores de colaboración científica inter-centros en los países de América Latina. **Interciencia**, v. 31, n. 4, 2006.

WAGNER, C. S.; LEYDESDORFF, L. Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. **Research Policy**, v. 34, n. 10, p. 1608-1618.