

REDE DE COLABORAÇÃO CIENTÍFICA ENTRE UNIVERSIDADES BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE NA ÁREA DE ODONTOLOGIA

Maria Isabel Escalona-Fernandez

Antonio Pulgarin-Guerrero

Universidad de Extremadura
Badajoz
Espanha

Ely Francina Tannuri de Oliveira

Maria Cláudia Cabrini Gracio

Universidade Estadual Paulista (Unesp)
Marília
Brasil

RESUMO

Este trabalho analisa a rede de colaboração científica formada pelas universidades brasileiras que investigam na área de Odontologia. A rede construída é baseada em documentos publicados no banco de dados da *Scopus* (Elsevier), abrangendo um período de 10 (dez) anos. A análise de rede social (ARS) é utilizada como a melhor abordagem metodológica para visualizar a capacidade para a colaboração, disseminação e transmissão de novo conhecimento entre universidades. A coesão e a densidade da rede de colaboração são analisadas, assim como a centralidade das universidades como autores-chave e a ocorrência de subgrupos dentro da rede. Os dados foram analisados utilizando os *software UCINET* e *NetDraw*. O número de documentos publicados por cada universidade foi utilizado como um indicador de sua produção científica.

Palavras-Chave: Colaboração Científica; Análise de Rede Social (ARS); Universidades Brasileiras; Odontologia; Produção Científica.

1 INTRODUÇÃO

Há algumas décadas, formuladores da ciência política têm mostrado interesse crescente na promoção da colaboração científica entre instituições, desde que isso melhore a transferência e a disseminação de resultados. Particularmente na América

do Sul, o fortalecimento da cooperação entre países, tanto dentro quanto fora do continente, se tornou uma prioridade na ciência política como um instrumento de coesão e convergência (MALTRÁS; QUINTANILLA, 1995).

Considerando que a publicação científica é o veículo pelo qual o conhecimento novo é disseminado, sua análise é a maneira mais fácil de quantificar e examinar a colaboração científica entre pesquisadores, universidades, países e áreas científicas. Há várias razões para os pesquisadores trabalharem e publicarem em equipes. Talvez o mais plausível seja a especialização do pesquisador e o aumento da eficiência – em uma palavra: profissionalização (BEAVER; ROSEN, 1978).

Price e Beaver (1966) estão entre os pioneiros a utilizar relacionamentos de coautoria para investigar estruturas sociais, em particular, redes de comunicação, e sua influência na Ciência. Price (1963) e Crane (1972) introduziram e desenvolveram o conceito de ‘colégio invisível’ como uma rede informal de comunicação com alguma forma de organização social. Crane salientou a importância dos indivíduos-chave na disseminação da informação em uma área científica, e mostrou que esses indivíduos são membros da elite dos ‘colégios invisíveis’. Esses ‘colégios invisíveis’, ou redes compostas pelos autores mais produtivos, são um importante aspecto da organização social de uma área científica, porque tendem a integrar grupos separados de colaboradores e promover o desenvolvimento da área.

A colaboração científica contribui para a criação do conhecimento e sua disseminação subsequente. Cientistas ou centros de pesquisa bem posicionados dentro de uma rede colaborativa recebem informação de maior qualidade e de uma maneira mais rápida (LAMBIOTTE; PANZARASA, 2009).

As redes sociais têm sido utilizadas para analisar a colaboração científica há muitos anos (JANSEN; VON GORTZ; HEIDLER, 2010; HOU; KRETSCHMER; LIU, 2008; VALDERRAMA; GONZÁLEZ; ALEIXANDRE; MIGUEL, 2007). Ao contrário das análises tradicionais, nas quais os resultados focam na quantificação do número de colaborações, a análise de rede social (ARS) fornece introspecção dentro da ‘comunidade científica’ como um todo, revelando quais pesquisadores e instituições

estão melhores conectados ou têm maior influência sobre o resto da comunidade (ESCALONA; LAGAR; PULGARÍN, 2010). A ARS objetiva identificar e analisar a estrutura e comportamento de um grupo social em particular. Sua base é a teoria matemática de grafos e, de fato, tem sido fácil transferir e aplicar o vocabulário dessa teoria para o estudo de diferentes redes sociais (WASSERMAN; FAUST, 1994). Um grafo é constituído por um conjunto de nós (no presente estudo universidades ou países) e um conjunto de linhas que os conecta (colaborações no caso presente). Essas linhas ou *links* que conectam os vários nós podem ser direcionados (um sentido) ou recíprocos (dois sentidos). Uma seta direcional representa o primeiro e o último por uma seta de ponta dupla. A representação dos *links* em um grafo pode ser binária (presença ou ausência), ordinal (se o *link* é mais fraco ou mais forte), ou ponderado (de acordo com uma gama ou valor médio).

Por meio da ARS, é possível identificar a estrutura geral de uma rede e alcançar uma medida relativa para a subsequente comparação com outras redes. Pelos indicadores de grau, proximidade e intermediação, o estudo de centralidade da rede identifica o posicionamento de diferentes autores (universidades) ou grupos de autores relativos à rede como um todo ou a outros autores. A ARS também detecta os diferentes subgrupos no qual um determinado autor (universidade) pertence, fornecendo subgrafos nos quais todos os nós estão conectados um ao outro (HANNEMAN, 2010; LUCE; PERRY, 1949; BRON; KERBOSCH, 1973).

Em 1974, Czepiel usou o conceito de centralidade para explicar os padrões de difusão da inovação tecnológica na indústria siderúrgica e descobriu que as empresas que ocupavam as posições mais centrais de uma rede de comunicação informal interempresas foram aquelas que primeiro adotaram um novo processo de fundição. De acordo com o autor, esta centralidade deu a elas uma vantagem tecnológica.

Observa-se que, embora as redes sociais estejam sendo utilizadas para analisar a colaboração científica em diversos campos científicos, na área de Odontologia são observados poucos estudos sobre o tema.

No Brasil, a produção científica na área de Odontologia apresentou um aumento significativo durante os primeiros anos do Século XXI, observado por uma

maior divulgação dos trabalhos em periódicos especializados (DIAS; NARVAI; REGO, 2008).

Tal aumento é observado por meios de dados fornecidos pelo *Scimago Journal & Country Rank* (SJR) que registra a produção científica brasileira na área de Odontologia, a qual está localizada na 4ª posição do *ranking* mundial no que tange a produção acumulada ao longo do período de 1996 a 2009. Essa posição coloca a área mencionada em uma situação de proeminência, considerando que o total da produção científica brasileira – independentemente da área considerada – se posiciona na 15ª posição, portanto, a Odontologia constitui-se na área em que o Brasil se posiciona na melhor colocação do *ranking* entre as 27 (vinte e sete) áreas avaliadas pelo SJR.

Lembrando que, uma vez que a produção é avaliada, um grupo pode alcançar parâmetros permitindo uma reavaliação e reconsideração dos seus objetivos, reprogramando estratégias de necessidades e crescimento. Além disso, quando o volume de uma produção científica se torna visível às instituições ou grupos, é necessário utilizar metodologias para avaliá-lo (OLIVEIRA; GRACIO, 2011).

O presente trabalho objetiva visualizar e analisar a rede de colaboração científica construída por universidades brasileiras na área de Odontologia e identificar as relações nacionais e internacionais estabelecidas por elas. Baseando-se na produção científica de várias universidades brasileiras, estuda-se a estrutura geral da comunidade científica de Odontologia no Brasil, bem como a posição que as universidades ou subgrupos delas, ocupam na comunidade científica como um todo.

2 MATERIAIS E MÉTODO

O objetivo do estudo foi analisar a estrutura social da pesquisa científica no campo da Odontologia em universidades brasileiras. Essa estrutura social é baseada nas colaborações científicas entre as distintas universidades. Para obter os dados, consideramos uma publicação científica como a unidade base de análise e, para tal, utilizamos o banco de dados *Scopus* da Elsevier como fonte de informação.

Não utilizamos o banco de dados da *Web of Science* porque a maior cobertura foi verificada na *Scopus* (ESCALONA; LAGAR; PULGARÍN, 2010).

Na pesquisa realizada na *Scopus* (artigos de pesquisa e de revisão), recuperamos documentos publicados por pesquisadores brasileiros na área de Odontologia, durante um período de 10 anos. A estratégia de busca aplicada no banco de dados da *Scopus* foi baseada na informação prestada pelos autores no campo 'Afiliação' e no campo 'Subárea', utilizando os termos 'Brazil' ou 'Brasil' e 'Odontologia', respectivamente. O resultado foi 6.116 (seis mil, cento e dezesseis) trabalhos publicados entre 2000 e 2009.

Para explorar a colaboração científica na área da Odontologia brasileira, construímos duas matrizes. Na primeira (matriz quadrada 146x146), registraram-se todas as colaborações ocorridas entre as universidades brasileiras, sem considerar as colaborações com associações, instituições, empresas ou centros de pesquisa. Na segunda matriz (matriz *2-mode*, com dados de 96 universidades e 55 países), apresentam-se as colaborações das universidades brasileiras com instituições estrangeiras. Cada célula nas matrizes corresponde ao número de documentos publicado em conjunto. As matrizes foram analisadas utilizando o *software UCINET* (BORGATI; EVERETT; FREEMAN, 2002) e *NetDraw* (BORGATTI, 2002).

3 RESULTADOS

3.1 Rede Colaboração Científica Nacional entre Universidades Brasileiras

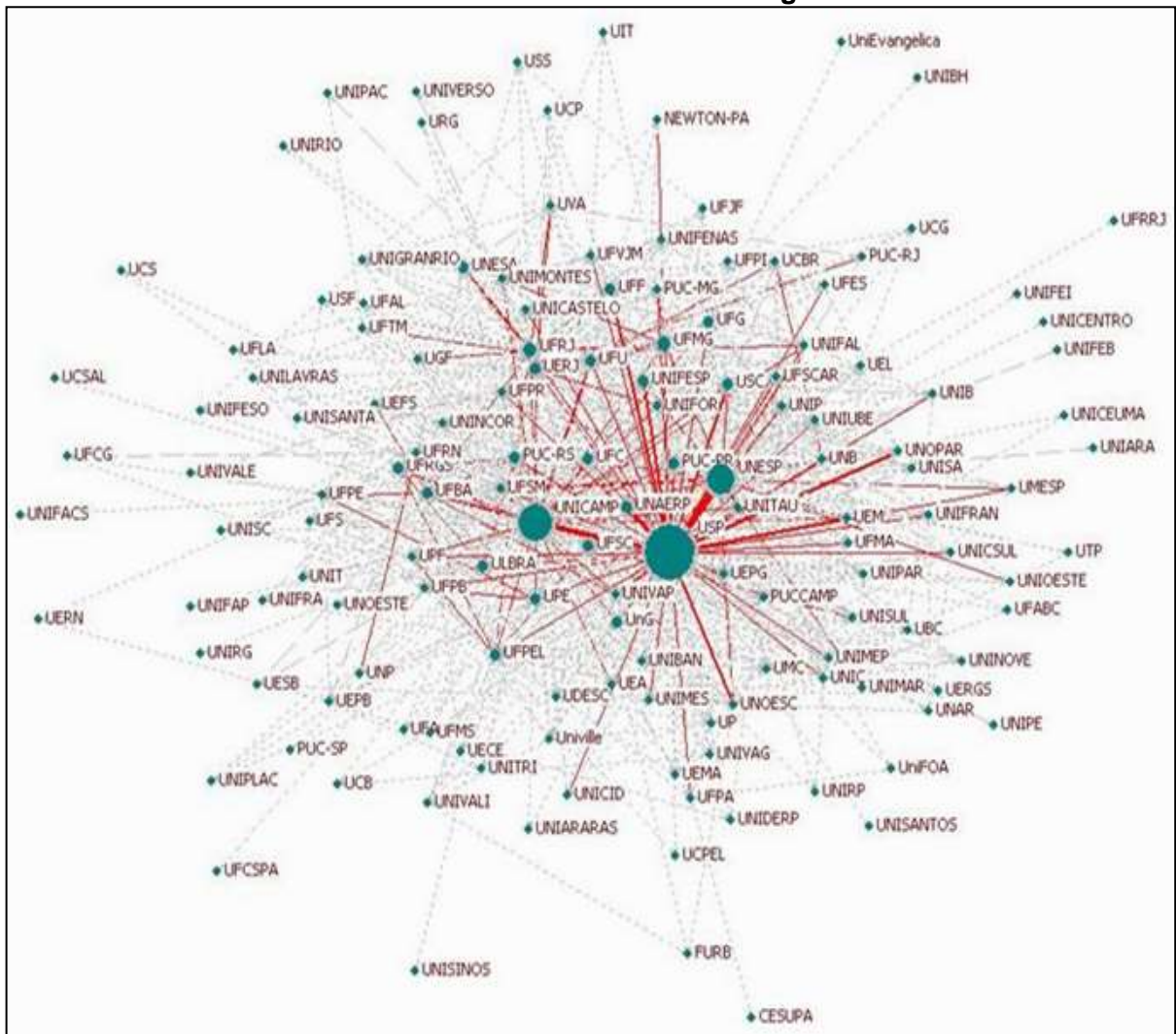
A Figura 1 apresenta uma representação gráfica da rede de colaboração científica nacional das universidades brasileiras na área de Odontologia. Os nós representam as diferentes universidades e os *links* evidenciam as colaborações entre elas, com suas espessuras representando a frequência das colaborações. As linhas pontilhadas correspondem a menos que 5 (cinco) colaborações; as linhas tracejadas entre 5 (cinco) e 10 (dez) colaborações; e as linhas sólidas mais de 10 (dez) colaborações. Como um atributo da rede, incluímos no nó de cada

universidade o número de registros recuperados – quanto maior o número, maior o nó.

Para uma primeira aproximação da estrutura da rede, estudamos o nível de coesão analisando sua densidade, a distância média entre os nós, e o nível de acessibilidade de cada universidade com outras em termos de colaboração científica. A rede de colaboração científica apresenta somente um grande componente ou subgráfico constituído por todas as 146 (cento e quarenta e seis) universidades brasileiras.

A densidade de uma rede é medida por meio de quantos *links* pertencem à rede em relação ao número total de *links* possíveis (DOREIAN, 1974; BURT, 1976). Na rede apresentada na Figura 1, seu valor é 63,7%. A distância média entre dois nós é uma medida de esforço necessário por uma universidade para colaborar com outra, definida como menor distância entre dois nós. Nesse caso, seu valor foi 2,17. O índice de ‘acessibilidade’ é um indicador de quais universidades são (diretamente ou indiretamente) acessíveis a outras em termos de colaboração (DOREIAN, 1974). Nesse contexto, todas as universidades foram acessíveis.

Figura 1: Rede de colaboração científica entre universidades brasileiras na área de Odontologia.



As medidas de centralidade mostram onde cada universidade está posicionada dentro da estrutura da rede (FREEMAN, 1979).

Para esse fim, calcularam-se os seguintes parâmetros de centralidade para cada nó: grau, intermediação e proximidade. Esses indicadores revelam quais universidades são as mais centrais, prestigiadas e ativas em termo de colaboração. Também determinamos os possíveis *clusters* ou subgrafos (cliques) dentro da rede.

3.1.1 Grau (Grau ou Posição do Nó)

A medida 'grau', no caso presente, é o número de colaborações diretas de uma universidade, ou seja, com quantas universidades ela está diretamente ligada.

Da Tabela 1, destacam-se a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Considerando o grau normalizado (Nrmgrau) destas quatro universidades, observa-se que elas são responsáveis por mais de 8% do total de *links* da rede.

Nas estatísticas descritivas para o parâmetro 'grau', o valor médio foi 92,4, e a variação foi de 1 para 2644, ou seja, estes últimos valores referem-se aos números mais baixos e mais altos no que tange as colaborações.

Tabela 1: Medidas de centralidade da rede social de colaboração nacional para as 20 universidades com os maiores valores de grau nodal.

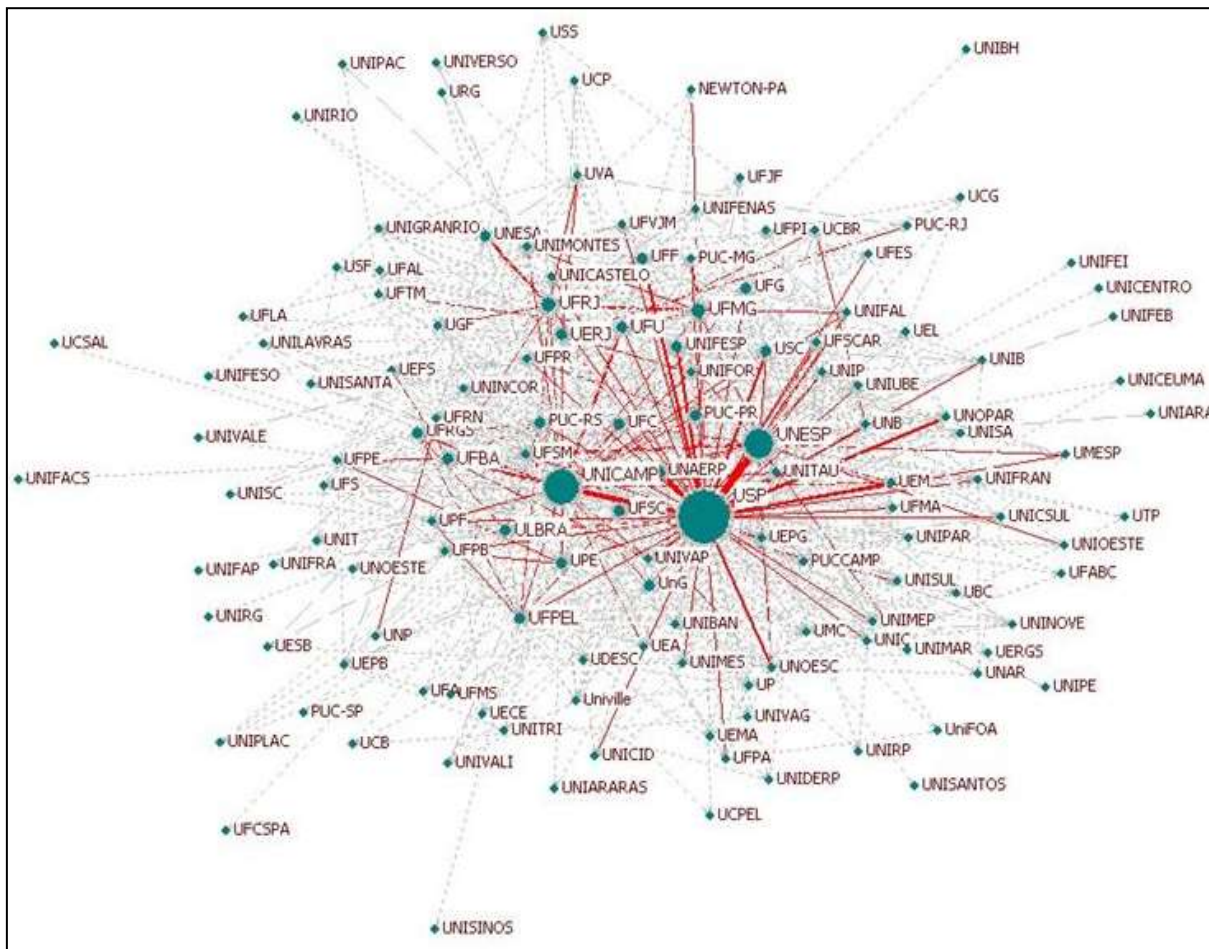
Universidades	Grau	NrmGrau (%)	Universidades	Intermediação	NIntermediação (%)	Universidades	Distanciamento	NProximidade (%)
USP	2644	3,8	USP	2550,3	24,4	USP	191	75,9
UNESP	1340	1,9	UNICAMP	2513,8	24,1	UNICAMP	194	74,7
UNICAMP	1309	1,9	UNESP	1852,1	17,7	UNESP	206	70,4
UFRJ	430	0,6	UFRJ	570,1	5,5	UFRJ	248	58,5
UFMG	305	0,4	UFBA	382,4	3,7	UFBA	264	54,9
PUC-RS	247	0,3	UFU	289,3	2,8	UNIFESP	265	54,7
UNAERP	236	0,3	ULBRA	277,9	2,7	UFSC	267	54,3
UERJ	234	0,3	UFPEL	257,1	2,5	PUC-RS	267	54,3
UFRGS	227	0,3	UERJ	253,9	2,4	UERJ	268	54,1
UFPEL	214	0,3	UFMG	245,9	2,4	UNAERP	268	54,1
UFU	201	0,3	UFRN	240,1	2,3	ULBRA	269	53,9
UFBA	197	0,3	UFG	215,7	2,1	UFRN	269	53,9
ULBRA	194	0,3	UNIFESP	201,1	1,9	UFU	270	53,7
UNIFESP	191	0,3	UFSC	200,7	1,9	PUC-PR	272	53,3
UNOESC	187	0,3	UNIP	196,5	1,9	UFRGS	273	53,1
UFSM	186	0,3	PUC-RS	161,3	1,5	UFMG	274	52,9
USC	184	0,3	UFPA	151,4	1,4	UFPB	276	52,5
UFF	180	0,3	UFPB	116,1	1,1	UFG	276	52,5
UFSC	175	0,3	UNIMONTES	109,6	1,0	UFPEL	276	52,5
UNIVAP	157	0,2	UFRGS	102,4	1,0	UPE	278	52,2

3.1.2 Intermediação

A medida 'Intermediação' é a frequência com a qual a universidade ocorre nos caminhos mais curtos conectando duas outras (FREEMAN; BORGATTI, WHITE,

1991). Esse parâmetro mostra aquelas universidades que colaboram com dois outros membros do mesmo grupo com os quais elas mesmas nunca trabalharam juntas. Universidades com maior intermediação estão em uma posição de poder já que elas controlam os fluxos de comunicação. Aquelas com maiores valores nesse parâmetro foram: Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Estadual Paulista (Unesp) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A Figura 2 apresenta as 10 (dez) universidades com os maiores valores de intermediação. A Tabela 1 também destaca as posições da Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), que ocupavam as posições 12 (doze), 10 (dez) e 13 (treze), respectivamente, em termos de grau nodal, agora ocupam as posições 5 (cinco), 6 (seis) e 7 (sete) em termos de intermediação. O contrário ocorre, como é o caso para a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) que foi a classificada 5 (cinco) em termos de grau nodal, mas agora é a classificada 10 (dez) em termos de intermediação.

Figura 2: Rede social de colaboração nacional das 10 universidades com os maiores valores de intermediação: USP, UNICAMP, UNESP, UFRJ, UFBA, UFU, ULBRA, UFPEL, UERJ, UFMG.



3.1.3 Proximidade

A medida da capacidade de uma universidade em colaborar com outras se refere ao seu grau de proximidade para com as outras. A proximidade é calculada a partir do inverso da distância média da cada universidade com as outras universidades na rede. Os maiores valores de proximidade sugerem que existe uma maior capacidade de colaboração. Os altos valores em ambas, intermediação e proximidade, indicam que este é um ator importante (universidade) na rede.

Observa-se que as universidades com maior capacidade para colaboração são a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual de Campinas

(UNICAMP) e a Universidade Estadual Paulista (Unesp). Também se destacam a Universidade Federal da Bahia (UFBA), a Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A Universidade Federal da Bahia (UFBA), com um grau nodal de 197 (classificada nº 12), passa a ser a 5º classificada em termos de proximidade, ou seja, em relação a sua capacidade de colaborar com outras universidades. Da mesma forma, a Universidade Federal de São Paulo (UNIFES) passa da 14º posição em termos de grau nodal, para a 6º posição em termos de proximidade. Em ambos os casos, isso se deve a suas colaborações com universidades de alta centralidade – Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual Paulista (Unesp) e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) também apresenta um salto marcante na classificação, passando da 19º posição em termos de grau nodal para a 7º posição em termos de proximidade.

3.1.4 Subgrupos (Cliques)

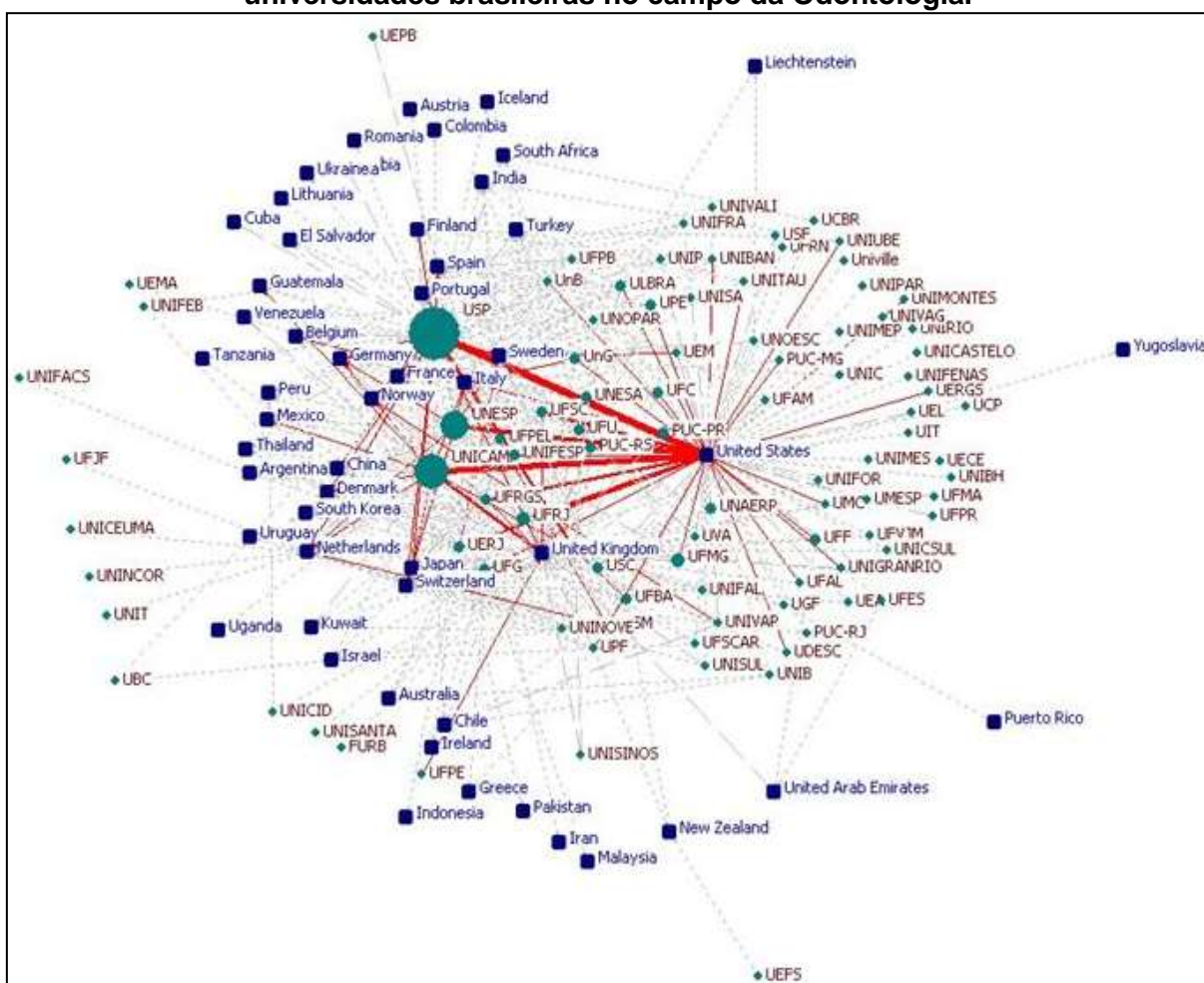
O *software UCINET* usa o algoritmo de Bron e Kerbosch (1973) para descobrir todos os cliques ou subgrupos dentro de uma rede. Um clique é um conjunto de nós – neste caso as universidades – que possuem todas as possíveis ligações entre elas (LUCE; PERRY, 1949). Utilizando um limiar de no mínimo 8 (oito) nós, um total de 34 (trinta e quatro) cliques foram encontradas, das quais 5 (cinco) constituídas por 9 (nove) nós.

A análise dos elementos diagonais da sobreposição da matriz (matriz de ‘coparticipação’) deu origem a um número de diferentes cliques a que cada universidade pertencia. A Universidade de São Paulo (USP) com 34 (trinta e quatro), e a Universidade Estadual Paulista (Unesp) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) com 33 (trinta e seis), estas foram os membros com mais cliques, enquanto 113 (cento e treze) universidades não pertenciam a nenhuma das cliques identificadas.

3.2 A Rede de Colaboração Internacional das Universidades Brasileiras

A Figura 3 é uma representação gráfica da rede de colaboração internacional das universidades brasileiras, construída pela seleção daquelas universidades com no mínimo uma colaboração com outro país que não o Brasil, como refletido nos artigos analisados.

Figura 3: Colaboração internacional da rede social de universidades brasileiras no campo da Odontologia.

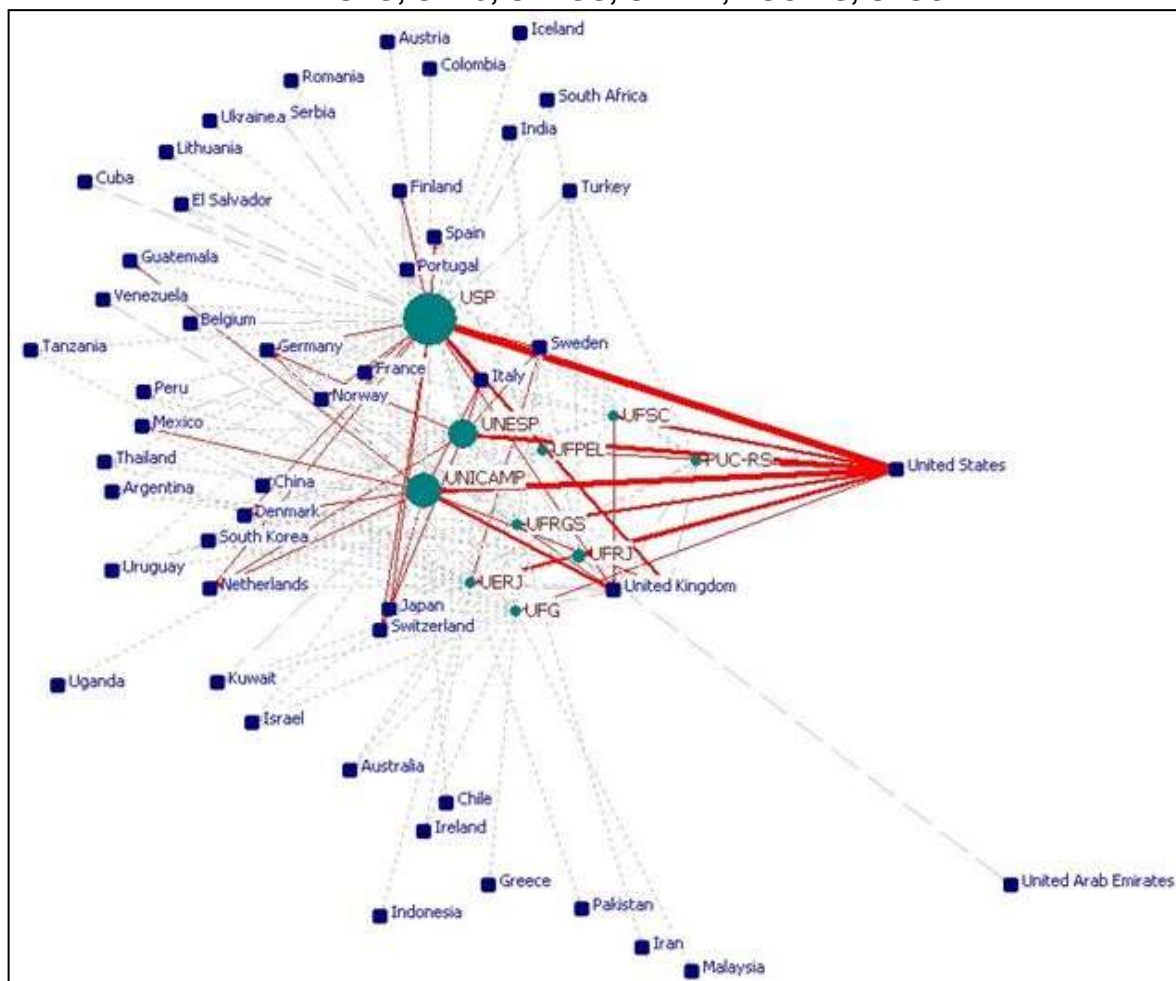


Neste caso, a colaboração é em uma única direção, já que a análise é da colaboração brasileira com o exterior. Assim, este é um grafo direcionado com os *links* entre os nós indo para uma única direção (BORGATTI; EVERETT, 1997). Os nós representam as diferentes universidades e países, e os *links* o número de

colaborações, com suas espessuras dependendo do referido número. Como no caso de colaboração nacional, as linhas pontilhadas representam menos que 5 (cinco) colaborações, as linhas tracejadas entre 5 (cinco) e 10 (dez) colaborações e as linhas sólidas mais de 10 (dez) colaborações. Como um atributo da rede, incluímos no nó de cada universidade o número de registros recuperados – quanto maior o número, maior o nó. A rede é não fragmentada, tendo um componente único. A densidade da rede – medida de coesão da rede colaborativa internacional – é 8,4%.

Como a matriz nesse caso corresponde a dados 2-mode (universidades e países), a análise da centralidade da rede fornece medidas de centralidade separadas para as universidades e os países. A Figura 4 mostra as 10 (dez) universidades com o maior grau nodal.

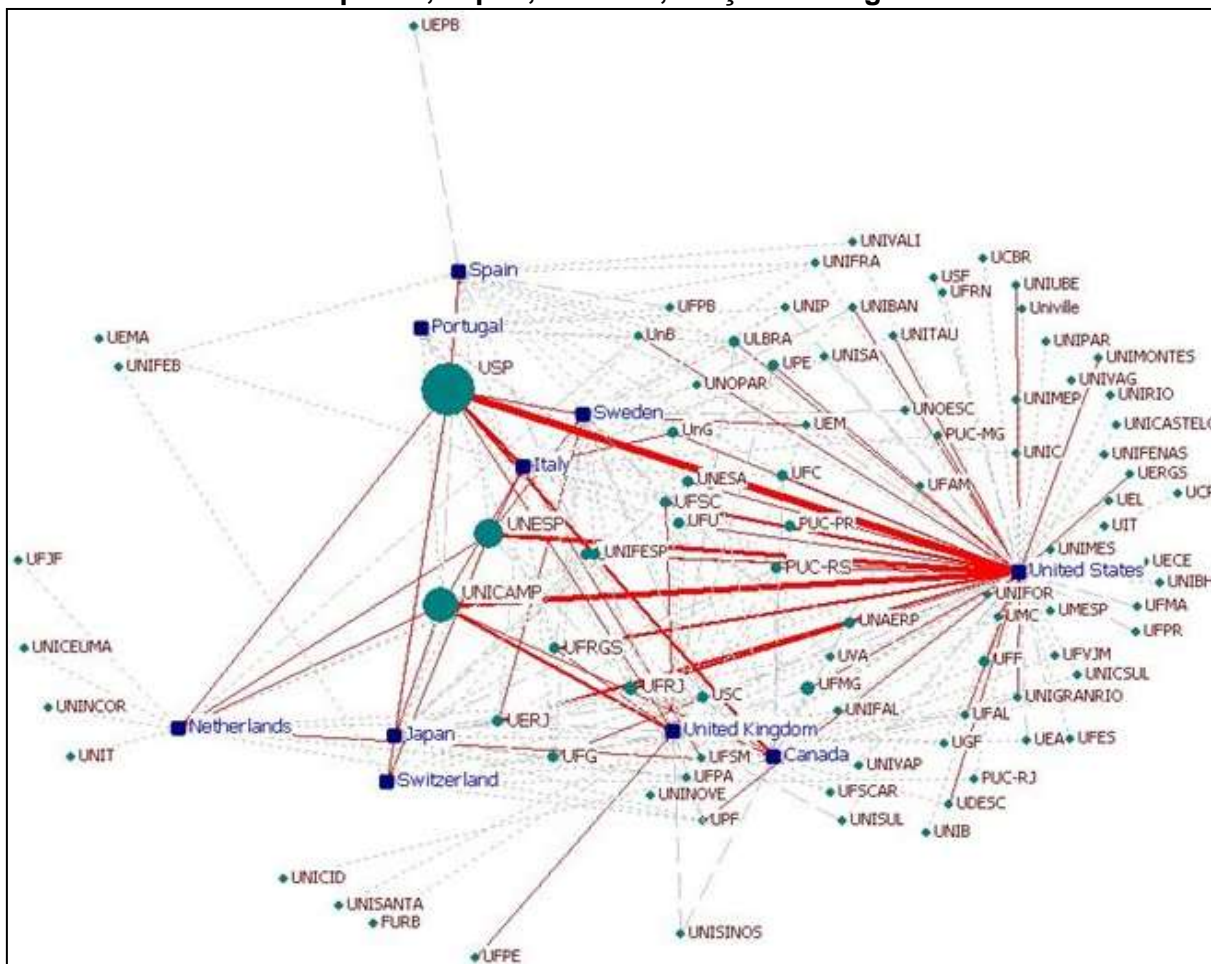
Figura 4: Colaboração internacional da rede social das 10 universidades com os maiores valores de grau nodal: USP, UNICAMP, UNESP, UERJ, UFG, UFRJ, UFRGS, UFPEL, PUC-RS, UFSC.



Destacam-se em termos das suas centralidades, a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). A Universidade de Passo Fundo (UPF) ocupa uma posição notadamente relevante em termos de intermediação.

A Figura 5 mostra a rede de colaboração dos 10 (dez) países que obtiveram os maiores valores de grau nodal, os seis primeiros sendo Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Itália, Suécia e Espanha.

Figura 5: Rede social de colaboração internacional dos 10 países com os maiores valores de grau nodal: Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Itália, Suécia, Espanha, Japão, Holanda, Suíça e Portugal.



4 CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi identificar e analisar a rede de colaboração científica das universidades brasileiras que publicaram pesquisa na área de Odontologia. A abordagem metodológica é facilmente aplicável a outras áreas da Ciência. Ela fornece um instrumento com o qual os formuladores de políticas de ciência podem fortalecer a eficácia da pesquisa na importante área das Ciências da Saúde, representada pela Odontologia. No caso presente, ela nos permitiu identificar as principais universidades e grupos de pesquisa conduzindo pesquisa em Odontologia no Brasil. Ela também fornece às universidades envolvidas a oportunidade de utilizar os resultados como ponto de referência para trabalhar rumo a se tornar um membro de um dos subgrupos em destaque nesta área de pesquisa.

O estudo mostra que o sistema da universidade brasileira é bastante coeso no campo da Odontologia, e aparentemente todas as universidades com pesquisa neste campo são diretamente ou indiretamente relacionadas. A Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual Paulista (Unesp), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) são as universidades mais fortemente conectadas na rede em termos de número de colaborações. Elas também se mostram em posições privilegiadas em relação às novas informações na área e para disseminá-las às outras universidades.

Outras universidades que se destacam como bem conectadas na área são a Universidade Federal da Bahia (UFBA), a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a Universidade Luterana do Brasil (ULBRA). A Universidade Federal da Bahia (UFBA) tem uma posição de liderança em termos de proximidade e intermediação. Isso também a torna uma universidade de destaque em pesquisa odontológica no Brasil, dada a sua capacidade de colaboração com outras universidades, bem como seu papel potencial como intermediária entre outras universidades, que nunca trabalharam juntas, papel que dá a ela um importante potencial de promover o fluxo de informação entre aquelas universidades.

Dos 34 (trinta e quatro) subgrupos colaborativos encontrados (considerando um tamanho mínimo de 8 (oito)), 5 (cinco) consistem de 9 (nove) universidades e o

restante de 8 (oito) instituições. Novamente, a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Estadual Paulista (Unesp) e a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) se destacaram como aquelas pertencentes à maioria dos subgrupos – 34 (trinta e quatro) no primeiro caso e 33 (trinta e três) nos outros dois. Das 146 (cento e quarenta e seis) universidades estudadas, 43 (quarenta e três) não pertenciam a nenhum desses subgrupos colaborativos. Assim, seria conveniente que elas estabelecessem meios para se aproximar de alguns daqueles subgrupos, a fim de fortalecer suas colaborações em nível nacional.

Em relação às colaborações com instituições estrangeiras, a Universidade de São Paulo (USP) é novamente a universidade dominante na rede em todos os aspectos de centralidade: tem as maiores colaborações (grau nodal), é a mais forte como intermediária entre as outras universidades (intermediação) e a maior capacidade de colaboração (proximidade). As outras universidades que também se destacaram na rede internacional são a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Universidade Estadual Paulista (Unesp) e a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). A Universidade de Passo Fundo (UPF) é também notável por seu alto valor de intermediação conectando países, os quais nunca trabalharam juntos, e de proximidade com diferentes países, refletindo uma forte capacidade para colaboração fora do Brasil.

Os países preferidos pelas universidades brasileiras para colaboração são os Estados Unidos, o Reino Unido, o Canadá, a Itália, a Suíça e a Espanha. Também notável na rede internacional são as colaborações com os três países Latino Americanos, quais sejam, a Argentina, o Peru e o México.

REFERÊNCIAS

BEAVER, D.; ROSEN, R. Studies in scientific collaboration: Part I-The professional origins of scientific co-authorship. **Scientometrics**, v.1, p.65-84, 1978.

BORGATTI, S. P. **NetDraw**: Graph visualization software. Harvard: Analytic Technologies, 2002.

BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G. Network analysis of 2-mode data. **Social Networks**, v.19, p.243-269, 1997.

BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. **Ucinet 6 for Windows:** Software for social network analysis. Harvard: Analytic Technologies, 2002.

BRON, C.; KERBOSCH, J. Finding all cliques of an undirected graph. **Communication of the ACM**, v.16, p.575-577, 1973.

BURT, R. Positions in networks. **Social Forces**, v.55, p.93-122, 1976.

CRANE, D. **The invisible colleges:** Diffusion of knowledge in scientific communities. Chicago (IL): University of Chicago Press, 1972.

CZEPIEL, J. A. Word of mouth processes in the diffusion of a major technological innovation. **Journal of Marketing Research**, v.11, p.172-180, 1974.

DIAS, A. A; NARVAI, P. C.; REGO, D. M. Tendências da produção científica em odontologia no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v.24, n.1, p.54-60, 2008.

Doreian, P. On the connectivity of social networks. **Journal of Mathematical Sociology**, v.3, p.245-258, 1974.

ESCALONA-FERNÁNDEZ, M. I.; LAGAR-BARBOSA, P.; PULGARÍN-GUERRERO, A. Web of Science vs. Scopus: Un estudio cuantitativo en ingeniería química. **Anales de Documentación**, v.13, p.159-175, 2010.

ESCALONA-FERNÁNDEZ, M. I.; LAGAR-BARBOSA, P.; PULGARÍN-GUERRERO, A. Red social de colaboración de la universidades españolas con investigación en ingeniería química. **Investigación Bibliotecológica**, v.24, n.51, p.173-194, 2010.

FREEMAN, L. C. Centrality in social networks: Conceptual clarification. **Social Networks**, v.1, p.215-239, 1979.

FREEMAN, L. C.; BORGATTI, S. P.; WHITE, D. R. Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow. **Social Networks**, v.13, p.141-154, 1991.

HANNEMAN, R.A. **Introducción a los métodos de análisis de redes sociales.** [S.I.]: Departamento de Sociología de la Universidad de California Riverside, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.redes-sociales.net>>. Acesso em: 5 maio 2010.

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.

HOU, H.; KRETSCHMER, H; LIU, Z. The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics. **Scientometrics**, v.75, n.2, p.189-202, 2008.

JANSEN, D.; VON GORTZ, R.; HEIDLER, R. Knowledge production and the structure of collaboration networks in two scientific fields. **Scientometrics**, v.83, n.1, p.219-241, 2010.

LAMBIOTTE, R.; PANZARASA, P. Communities, knowledge creation, and information diffusion. **Journal of Informetrics**, v.3, n.3, p.180-190, 2009.

LUCE, R.; PERRY, A. A method of matrix analysis of group structure. **Psychometrika**, v.14, p.95-116, 1949.

MALTRÁS, B.; QUINTANILLA, M.A. **Indicadores de la producción científica: España, 1986-1991**. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1995.

OLIVEIRA, E. F. T.; GRÁCIO, M. C. C. Contribuição de indicadores bibliométricos para a pesquisa em Ciência da Informação: análise da produção científica em Odontologia no Brasil. **Revista EDICIC**, v.1, p.16-29, 2011.

PETERS, H. P. F.; VAN RAAN, A. F. J. **Co-word based maps of chemical engineering**. Leiden: Centre for Science and Technology Studies, 1991. 116p. (Research Report to the Netherlands Foundation for Technological Research (STW - Research Report, CWTS-91-03)

PETERS, H. P. F.; HARTMANN, D.; VAN RAAN, A. F. J. Monitoring advances in chemical engineering. In: EGGHE, L.; ROUSSEAU, R. (Eds.). **Informetrics 87/88**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p.175-195

PRICE, D. J. DE S.; BEAVER, D. Collaboration in an invisible college. **American Psychologist**, v.21, p.1011-1018, 1966.

PRICE, D. J. de S. **Little science, big science**. New York: Columbia University Press, 1963.

PULGARÍN-GERRERO, A.; LAGAR-BARBOSA, M. P.; ESCALONA-FERNÁNDEZ, M. I. Colaboración científica de la ingeniería química en las universidades españolas. **Revista General de Información y Documentación**, v.20, p.101-113, 2010.

Disponível em:

<<http://revistas.ucm.es/index.php/RGID/article/view/RGID1010110101A/8986>>.

Acesso em: 4 nov. 2010.

VALDERRAMA-ZURIAN, J. C. et al. Coauthorship networks and institutional collaboration. **Revista Española de Cardiología**, n.60, v.2, p.117-130, 2007.

VAN RAAN, A. F. J. Comparison of the Hirsch-Index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry research groups. **Scientometrics**, v.67, n.3, p.491-502, 2006.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social Network Analysis: Methods and applications**.

Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

APÊNDICE A: Siglas das universidades brasileiras.

Siglas	Universidades
CESUPA	Centro Universitário do Pará
FURB	Universidade Regional de Blumenau
NEWTON-PA	Centro Universitário Newton Paiva
PUCAMP	Pontifícia Universidade Católica de Campinas
PUC-MG	Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
PUC-PR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
PUC-RJ	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
PUC-RS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
PUC-SP	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
UBC	Universidade Braz Cubas
UCB	Universidade Castelo Branco
UCBR	Universidade Católica de Brasília
UCG	Universidade Católica do Goiás
UCP	Universidade Católica de Petrópolis
UCPEL	Universidade Católica de Pelotas
UCS	Universidade de Caxias do Sul
UCSAL	Universidade Católica do Salvador
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UEFS	Universidade Estadual de Feira de Santana
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEM	Universidade Estadual de Maringá
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UERGS	Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UERN	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UFABC	Universidade Federal do Abc
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
UFBA	Universidade Federal da Bahia

Siglas	Universidades
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
UFCSPA	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPEL	Universidade Federal de Pelotas
UFPI	Universidade Federal do Piauí
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFRRJ	Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UFTM	Universidade Federal do Triângulo Mineiro
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFVJM	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
UGF	Universidade Gama Filho
UIT	Universidade de Itaúna
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
UMC	Universidade de Mogi das Cruzes
UNESP	Universidade Metodista de São Paulo
UNAERP	Universidade de Ribeirão Preto
UNAR	Centro Universitário de Araras
UNB	Universidade de Brasília
UNESA	Universidade Estácio de Sá

Siglas	Universidades
UNESP	Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
UNG	Universidade de Guarulhos
UNIARA	Centro Universitário de Araraquara
UNIARARAS	Fundação Herminio Ometto
UNIB	Universidade Ibirapuera
UNIBAN	Universidade Bandeirantes de São Paulo
UNIBH	Centro Universitário de Belo Horizonte
UNIC	Universidade de Cuiabá
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UNICASTELO	Universidade Camilo Castelo Branco
UNICEUMA	Centro Universitário do Maranhão
UNICENTRO	Universidade Estadual do Centro Oeste
UNICID	Universidade Cidade de São Paulo
UNICSUL	Universidade Cruzeiro do Sul
UNIDERP	Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal
UniEvangélica	Centro Universitário de Anápolis
UNIFACS	Universidade Salvador
UNIFAL	Universidade Federal de Alfenas
UNIFAP	Universidade Federal do Amapá
UNIFEB	Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
UNIFENAS	Universidade de Alfenas
UNIFESO	Centro Universitário Serra Dos Órgãos
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
UniFOA	Centro Universitário de Volta Redonda
UNIFOR	Universidade de Fortaleza
UNIFRA	Centro Universitário Franciscano
UNIFRAN	Universidade de Franca
UNIGRANRIO	Universidade do Grande Rio
UNILAVRAS	Centro Universitário de Lavras
UNIMAR	Universidade de Marília
UNIMEP	Universidade Metodista de Piracicaba
UNIMES	Universidade Metropolitana de Santos
UNIMONTES	Universidade Estadual de Montes Claros
UNINCOR	Universidade Vale do Rio Verde
UNINOVE	Universidade Nove de Julho
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Siglas	Universidades
UNIP	Universidade Paulista
UNIPAC	Universidade Presidente Antônio Carlos
UNIPAR	Universidade Paranaense
UNIPE	Universidade de Ensino Superior do IPE
UNIPLAC	Universidade Planalto Catarinense
UNIRG	Universidade Regional de Gurupi
UNIRIO	Universidade do Rio de Janeiro
UNIRP	Centro Universitário de Rio Preto
UNISA	Universidade Santo Amaro
UNISANTA	Universidade de Santa Cecília
UNISANTOS	Universidade Católica de Santos
UNISC	Universidade de Santa Cruz do Sul
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
UNISUL	Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina
UNIT	Universidade Tiradentes
UNITAU	Universidade de Taubaté
UNITRI	Centro Universitário Do Triangulo
UNIUBE	Universidade de Uberaba
UNIVAG	Centro Universitário de Várzea Grande
UNIVALE	Universidade Vale do Rio Doce
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí
UNIVAP	Universidade do Vale do Paraíba
UNIVERSO	Universidade Salgado de Oliveira
Univille	Universidade da Região de Joinville
UNOESC	Universidade do Oeste de Santa Catarina
UNOESTE	Universidade do Oeste Paulista
UNOPAR	Universidade Norte do Paraná
UNP	Universidade Potiguar
UP	Universidade Positivo
UPE	Fundação Universidade de Pernambuco
UPF	Universidade de Passo Fundo
URG	Universidade do Rio Grande
USC	Universidade do Sagrado Coração
USF	Universidade São Francisco
USP	Universidade de São Paulo
USS	Universidade Severino Sombra
UTP	Universidade Tuiuti do Paraná



Siglas	Universidades
UVA	Universidade Veiga de Almeida

Maria Isabel Escalona-Fernandez
Universidad de Extremadura
E-Mail: escalona@unex.es
Badajoz - Espanha

Antonio Pulgarin-Guerrero
Universidad de Extremadura
E-Mail: pulgarin@unex.es
Badajoz - Espanha

Ely Francina Tannuri de Oliveira
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
E-Mail: etannuri@marilia.unesp.br
Marília - Brasil

Maria Cláudia Cabrini Gracio
Universidade Estadual Paulista (Unesp)
E-Mail: cabrini@marilia.unesp.br
Marília - Brasil