

Abordagem da Qualidade do Solo nos trabalhos publicados no Brasil

Rafaela Dembiski Lopes^{1*}, Fabiane Machado Vezzani², Erick Vinicius Paraguaio³

¹Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Brasil. (*Autor correspondente: rafaelalopes9rpe@gmail.com)

²Professora do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Brasil.

³Graduando em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 11/08/2022 – Revisado em: 12/10/2022 – Aceito em: 17/10/2022

RESUMO

Qualidade do Solo (QS) é a capacidade do solo desempenhar suas funções no ambiente e promover a saúde de plantas, animais e humanos. A visão integradora e holística que esse termo abarca exige avaliação conjunta do solo nas dimensões biológica, física e química. QS tornou-se mais debatida a partir dos anos 1990, assim, estudamos as produções científicas em QS realizadas e publicadas no Brasil para verificar o contexto e a abordagem do tema entre 1990-2021 e entre regiões geográficas. Buscamos artigos no Portal Periódicos CAPES/MEC utilizando as palavras-chaves “qualidade do solo” or “saúde do solo” e os filtros língua portuguesa e desenvolvidos no Brasil, e obtivemos 267 artigos. Os resumos foram formatados e distribuídos em oito *corpus* textuais, de acordo com os dois contextos de análise – temporal e regiões geográficas: 1990-2000 (4 resumos), 2001-2010 (106), 2011-2021 (157), Sul (77), Sudeste (78), Nordeste (55), Centro-Oeste (50) e Norte (7). Cada *corpus* textual foi submetido à análise de similitude, utilizando o software IRaMuTeQ. Entre 1990-2000 QS associou a atributos do solo nas dimensões biológica, física e química; nos demais períodos, QS foi associada a atributos físicos, e compartimentos de C se destacaram como indicador-chave. Regionalmente, os estudos de QS foram relacionados aos usos do solo característicos de cada região. A relação da QS e biodiversidade apareceu na região Sul. Ressaltamos que a abordagem integradora e holística da QS deve continuar sendo pauta dos futuros estudos sobre o tema no Brasil.

Palavras-Chaves: Sistemas conservacionistas, *Corpus* textual, Análise de similitude, IRaMuTeQ.

Approach to Soil Quality in the papers published in Brazil

ABSTRACT

Soil Quality (SQ) is the capacity of soil to perform its functions in the environment and to promote the health of plants, animals and humans. The integrative and holistic view that this term encompasses requires joint assessment of soil in its biological, physical and chemical dimensions. QS has become more debated since the 1990s, thus, we studied the scientific productions on QS carried out and published in Brazil to verify the context and the approach of the theme between 1990-2021 and between geographic regions. We searched for papers in the Portal Periódicos CAPES/MEC using the keywords "soil quality" or "soil health" and the filters Portuguese language and developed in Brazil and obtained 267 papers. The abstracts were formatted and distributed in eight text *corpus*, according to the two contexts of analysis - temporal and geographic regions: 1990-2000 (4 abstracts), 2001-2010 (106), 2011-2021 (157), South (77), Southeast (78), Northeast (55), Midwest (50) and North (7). Each text *corpus* was subjected to similarity analysis using IRaMuTeQ software. Between 1990-2000 QS was associated with soil attributes in the biological, physical and chemical dimensions; in the remaining periods, QS was associated with physical attributes, and C compartments stood out as key indicators. Regionally, QS studies were related to the characteristic land uses of each region. The relationship between QS and biodiversity appeared in the Southern region. We emphasize that the integrative and holistic approach of QS should continue to be on the agenda of future studies on the subject in Brazil.

Keywords: Conservation systems, Text *corpus*, Similarity analysis, IRaMuTeQ.

1. Introdução

O solo serve como suporte para as raízes das plantas e reservatório de água e nutrientes, o que possibilita o desenvolvimento vegetal; age como uma reserva da biodiversidade, mantendo a circulação de organismos e o estoque de sementes; assegura a ciclagem de nutrientes contidos em material orgânico, via decomposição da

Lopes, R.D., Vezzani, F.M., Paraguaio, E.V., (2023). Abordagem da Qualidade do Solo nos trabalhos publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.11, n.1, p.87-105.



matéria orgânica, liberando os nutrientes contidos nela e trazendo eles novamente para serem utilizados pelas plantas e pelos organismos do solo; estoca a água e mantém o fluxo dela no ambiente; atua como um tampão ambiental, retendo compostos prejudiciais; além de ser suporte para infraestruturas e servir às atividades urbanas e industriais, pois ele fornece matérias primas, como areia, carvão e turfa (Vezzani e Mielniczuk, 2009; FAO et al., 2020).

A relevância do solo para a vida no planeta é reconhecida por várias instâncias, a ponto da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, sigla em inglês) ter designado o dia 5 de dezembro como o Dia Mundial do Solo e ter declarado o ano 2015 como o “Ano Internacional do Solo” (FAO, 2014). E por meio da Declaração de Viena, a União Internacional da Ciência do Solo proclamou a Década Internacional dos Solos 2015-2024 (IUSS, 2015) por considerar que a importância do solo deve ser enfatizada ainda mais e os esforços para assegurar as atividades que garantam as suas funções ecossistêmicas devem ser mantidas na vanguarda do planejamento político e científico e da tomada de decisões.

O solo é o compartimento que guarda mais de 25 % da biodiversidade do globo terrestre (Orgiazzi et al., 2016), que está diretamente relacionada com as funções e a oferta dos serviços ecossistêmicos (Vezzani, 2015; FAO et al., 2020). Assim, é imperativo a necessidade de manter sua qualidade, ou seja, garantir que suas funções sejam exercidas com eficácia (Karlen et al., 1997) para garantir a saúde dos humanos, dos animais, das plantas e do meio e oferecer os serviços ecossistêmicos à humanidade (Vezzani, 2015).

Os estudos sobre a relação do solo com o adequado funcionamento dos demais recursos do meio e da biodiversidade conduziram ao surgimento do termo Qualidade do Solo (QS) no meio científico com mais intensidade a partir do início da década dos anos 90 (Doran e Parkin, 1994; Karlen et al., 2021). À época, QS foi definida como a “capacidade de um solo funcionar dentro dos limites do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e dos animais” (Doran e Parkin, 1994). Uma abordagem que requer avaliações nas dimensões biológica, física e química do solo de forma integradora e holística (Vezzani e Mielniczuk, 2009).

As discussões traziam o propósito de testar metodologias e procedimentos para sua avaliação tanto analíticos como expeditos, definir indicadores, comparar sistemas de manejo agrícola e usos da terra (Vezzani e Mielniczuk, 2009). Como uma visão integradora das propriedades e funções do solo e a relação com os serviços ecossistêmicos, com o passar dos anos, a importância e a preocupação com esse tema vêm sendo cada vez mais debatida. Ao mesmo tempo, o termo QS tem sido usado em contextos e abordagens muito variadas e nem sempre considerando a sua real concepção, como identificado por Simon et al. (2022) em publicações brasileiras entre os anos 2014 e 2021. Na busca por procedimentos de sua avaliação, a abordagem integradora e holística da QS recebeu menor preocupação e muitos trabalhos no tema apresentam avaliações apenas de uma das dimensões do solo, ou química, ou física ou biológica sem potencial para uma análise mais robusta sobre o estado do seu funcionamento.

A fim de verificar o contexto e a abordagem do tema ao longo do tempo no país, analisou-se artigos científicos sobre QS publicados no Brasil desde a década de 1990 para caracterizar o objeto destes estudos.

2. Material e Métodos

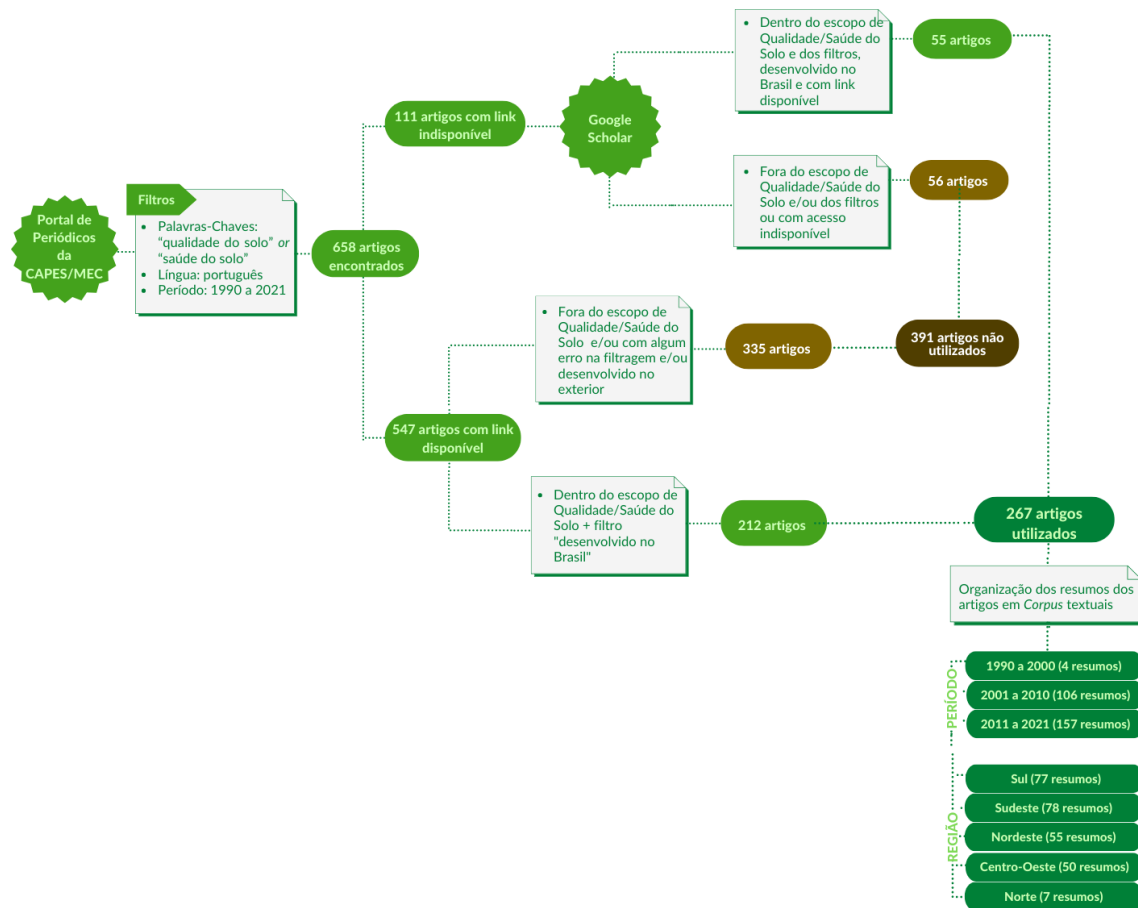
2.1 Caracterização da pesquisa e universo amostral

A pesquisa foi de natureza explicativa com abordagem qualitativa e quantitativa. Realizou-se uma busca por artigos no Portal de Periódicos da CAPES/MEC, a partir das palavras-chaves “qualidade do solo” or “saúde do solo”, artigos escritos na língua portuguesa e no período entre os anos de 1990 e 2021. No total, foram selecionados 658 artigos (Material Suplementar 1). Destes, 547 estavam com os links de acesso a eles disponíveis pelo Portal. E assim, cada um dos 547 artigos foi analisado a fim de averiguar se de fato estava dentro do escopo de Qualidade/Saúde do Solo e se foi desenvolvido no Brasil. Nesta filtragem, foram

selecionados 212 artigos. Os 111 artigos com link indisponível no Portal de Periódicos, realizou-se a busca pelo título no Google Scholar, e 55 artigos encontrados estavam dentro dos filtros definidos e agregaram-se para compor o universo amostral do estudo, que totalizou 267 artigos. As etapas executadas estão representadas na Figura 1.

Os 267 artigos considerados dentro do tema e das filtrações língua portuguesa e desenvolvido no Brasil foram organizados em uma planilha Excell® com os seguintes dados: número indicador do artigo, ano de publicação, título, link de acesso, estado e região geográfica que a pesquisa foi realizada (Material Suplementar 1). Os 391 artigos sem alinhamento com Qualidade/Saúde do Solo ou com os filtros língua escrito na língua portuguesa e desenvolvido no Brasil foram organizados em outra planilha Excell® com os mesmos dados (Material Suplementar 1).

Figura 1 – Representação esquemática das etapas executadas e os respectivos números de artigos obtidos para cada *corpus* textual definido no estudo.



Fonte: Autores (2022).

2.2 Formatação dos corpus textuais

Os resumos dos 267 artigos foram organizados por região e por década compondo oito *corpus* textuais para atingir os objetivos de análise do estudo (Figura 1): 1990 a 2000 (4 resumos), 2001 a 2010 (106 resumos),

2011 a 2021 (157 resumos), região Sul (77 resumos), região Sudeste (78 resumos), região Nordeste (55 resumos), região Centro-Oeste (50 resumos) e região Norte (7 resumos).

A organização de cada *corpus* textual consistiu em separar os resumos por um espaço. E acima de cada resumo inseriu-se: **** *N_X *ANO_Y *REGIAO_Z, onde N refere-se à variável número. X foi o número sequencial dos resumos; Y foi o ano da publicação do artigo; Z foi a região onde ocorreu o estudo apresentado no resumo.

E a formatação do texto dos *corpus* textuais foi feita de forma que: todas as letras ficaram minúsculas; os espaços duplos, acentuações, ç, asteriscos (*), aspas (“), apóstrofo (‘), cifrão (\$) e reticências (...) foram retirados; hífen (-) foi substituído por underline (_); termos compostos foram unidos com underline; e abreviações foram convertidas por termos completos (Material Suplementar 2). Em seguida, os oito documentos de texto foram convertidos para formato txt e codificação “Unicode UTF-8”.

2.3 Importação dos dados para o IRaMuTeQ

Cada *corpus* textual formatado foi importado para o software *Interface de R pour Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires* – IRaMuTeQ para realizar a análise de similitude. A configuração padrão do software foi mantida, à exceção do idioma selecionado para português, com dicionário padrão. E definiu-se a codificação do *corpus* para caracteres “UTF-8 all languages”.

2.4 Análise de Similitude

Para a análise de similitude, as propriedades chaves do software IRaMuTeQ foram alteradas para permitir classificação em classes gramaticais em termos ativos, termos complementares e termos eliminados, e apenas os termos ativos foram analisados (Salviati, 2017). Essa estratégia foi empregada devido à utilização de muitas palavras dificultar a visualização e interpretação dos gráficos gerados. As classes gramaticais adotadas como ativas foram os adjetivos, os advérbios, as formas não reconhecidas (termos unidos com *underline*) e os verbos. As demais classes gramaticais foram inseridas no grupo de termos suplementares. Para a análise, foram utilizados apenas os termos classificados como ativos com frequência igual ou superior a raiz quadrada do número total de termos ativos, cujos valores estão apresentados na Tabela 1. Os *corpus* textuais de resumos do período entre 1990 e 2000 e da Região Norte apresentaram baixo número de termos ativos em relação aos demais grupos de resumos; em decorrência disso, nesses dois *corpus*, procedeu-se a análise de todos os termos ativos.

Desta forma, a título de exemplo, a análise da década 2001 a 2010 foi feita com as palavras que apresentaram frequência igual ou superior a 32, e o mesmo procedimento foi realizado para os demais *corpus* textuais, conforme informações contidas da Tabela 1.

Tabela 1 – Número total de termos ativos, valor da raiz quadrada do número total de termos ativos e termos não selecionados para cada um dos oito *corpus* textuais definidos para este estudo

<i>Corpus textuais</i>	Número total de termos ativos	Raiz quadrada do número total de termos ativos	Termos Não Selecionados
1990 a 2000	56	-	ano, ao, cm, bem, três, mais

2001 a 2010	1.010	32	e, ao, como, cm, ano, mais, não, três, são
2011 a 2021	1.243	35	como, ano, ao, não, cm, mais, três, são, apo, alar
Região Centro-Oeste	488	22	cm, não, são, mais, ano, como, ao
Região Nordeste	623	25	cm, não, ano, mais, ao
Região Norte	71	-	quando, como, mais, pos, não, ano, cm
Região Sudeste	846	29	e, ao, como, ano, não, cm, mais, três
Região Sul	772	28	mg, ha-1, apo, três, mais, cm, não, ano, como, ao

Fonte: Autores (2022).

Para as configurações gráficas foram adotados os padrões do IRaMuTeQ com a adição de comunidades e halo, com a intenção de representar na forma de nuvens coloridas o grupo de palavras com associação mais forte entre elas (Camargo e Justo, 2013). A espessura das conexões indica a força de associação entre os termos, e o tamanho da letra das palavras indica a maior frequência da mesma (Silva e Sousa, 2018). Também foi utilizado o recurso “concordância”, que está inserido na aba “estatísticas” do IRaMuTeQ. Esse recurso permite visualizar as partes dos textos onde determinada palavra está alocada, assim é possível realizar a aderência da palavra ao contexto (Silva e Ribeiro, 2021).

3. Resultados e Discussão

3.1 Análise Temporal

3.1.1 Período 1990 a 2000 (4 resumos)

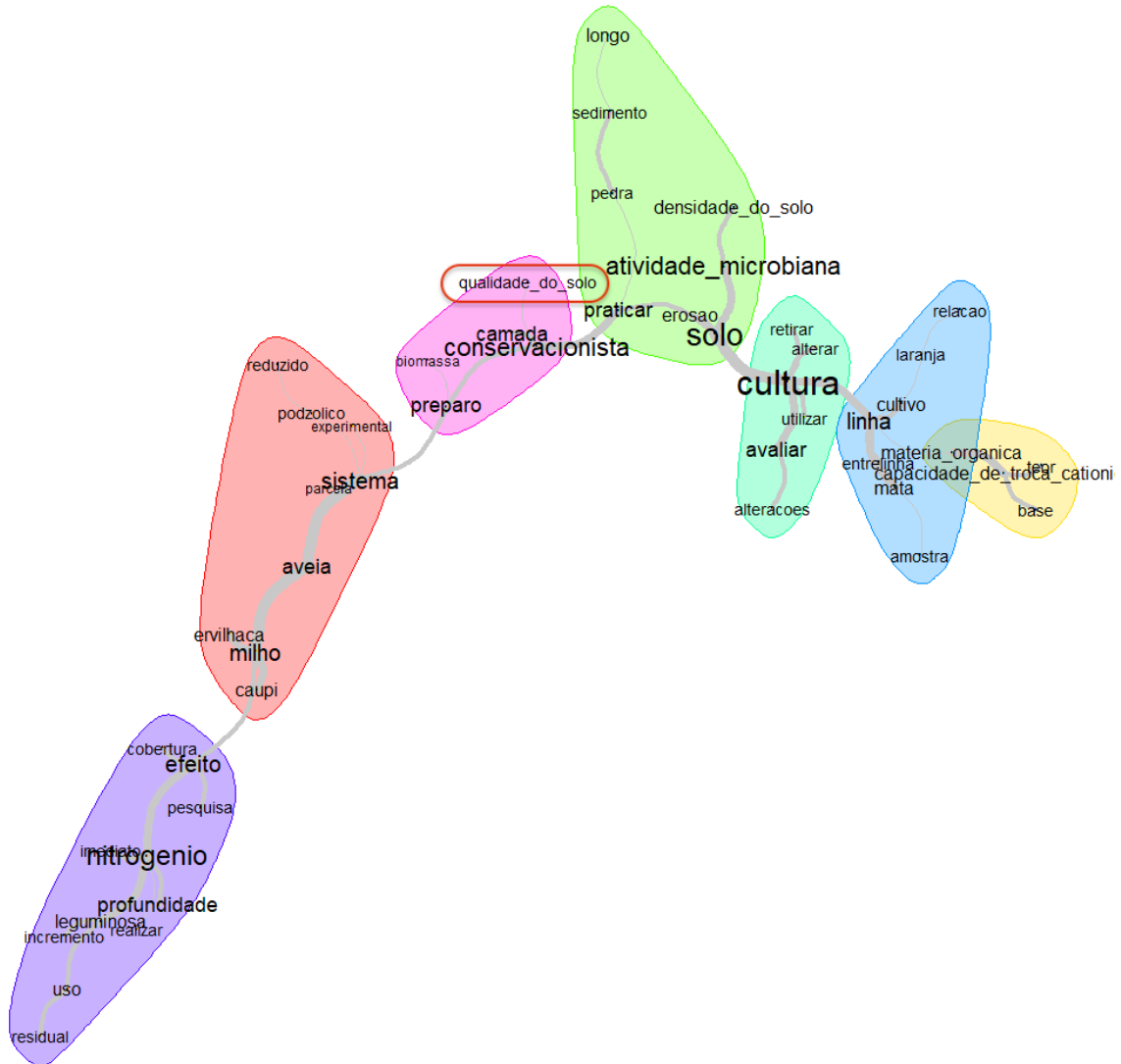
A análise de similitude dos resumos dos artigos publicados entre 1990 e 2000 gerou a formação de sete agrupamentos de palavras dispostos de forma linear (Figura 2). Dos quatro trabalhos selecionados nessa época, dois foram oriundos da região Sul; um da região Nordeste; e um da região Sudeste.

O termo ‘Qualidade do Solo’ formou comunidade com as palavras ‘conservacionista’, ‘preparo’, ‘camada’ e ‘biomassa’. Representando os artigos desse grupo, Silva e da Silva (1997) demonstraram que a prática conservacionista resultou no aumento de parâmetros relacionados à melhoria da QS. E a melhoria da QS utilizando preparos conservacionistas também foi salientada por Amado et al. (1999).

A palavra ‘conservacionista’ formou o eixo que direcionou à comunidade formada por ‘sistema’, ‘aveia’ e ‘milho’, o que se relaciona com a experimentação dos estudos, citando as culturas mais utilizadas, no caso aveia, ervilhaca e milho (com destaque para a variedade caupi), o sistema de manejo adotado (reduzido) e a classe de solo (Podzólico).

Na continuidade, o grupamento com a palavra de maior destaque ‘nitrogênio’, conectou com palavras ‘efeito’, ‘profundidade’ e ‘leguminosa’, enfatizando que o incremento de nitrogênio pode ser por meio de culturas de cobertura, leguminosas e resíduos. Utilizando o estudo realizado por Amado et al. (1999) como referência dos artigos publicados nesse período fica evidenciado as pautas de pesquisas dos autores à época. No caso desse trabalho, os autores identificaram associação dos preparos conservacionistas do solo e das culturas de cobertura com a melhoria da QS, buscando diferenciar o efeito imediato e residual do uso de leguminosas na adição de nitrogênio no solo.

Figura 2 – Análise de similitude dos resumos dos quatro artigos publicados no Brasil entre 1990 e 2000.



Fonte: Autores (2022).

A palavra ‘conservacionista’ do grupo em que QS esteve presente também proporcionou a formação da comunidade com palavras relacionados a duas dimensões de atributos do solo, biológica (‘atividade microbiana’) e física (‘densidade do solo’) com a ‘erosão’. A pesquisa desenvolvida por Sanches et al. (1999) relaciona a retirada da vegetação natural e a implantação da cultura da laranja com alterações nesses atributos. A palavra ‘pedra’ presente nesse agrupamento se refere ao manejo de cordões de pedra, uma prática utilizada para o controle da erosão, através da retenção de sedimentos, que pode ser manejada por um longo tempo. Cordões de pedra foram utilizados no estudo de Silva e da Silva (1997) com o objetivo de avaliar essa prática conservacionista com a intensidade de perdas de solo.

A comunidade em que ‘cultura’ foi o destaque demonstrou o debate sobre a relação das culturas com a QS. Amado et al. (1999) associaram as culturas de cobertura com incremento da QS. Por outro lado, Sanches et al. (1999) correlacionaram a retirada da vegetação natural e a implantação da cultura da laranja com a diminuição da QS. E Vargas e Scholles (2000) analisaram os sistemas de manejo, que incluem os sistemas de culturas, com a QS e a produtividade das culturas principais.

E atributos químicos do solo: teor de matéria orgânica, a saturação por bases e a capacidade de troca catiônica formaram comunidade a parte, evidenciando que foram analisados nos trabalhos publicados entre 1990 e 2000.

Nesse período, QS esteve relacionada às práticas conservacionistas, e os agrupamentos dos atributos do solo das três dimensões - biológica, física e química - em separado demonstrou que estavam presentes nos estudos sobre QS.

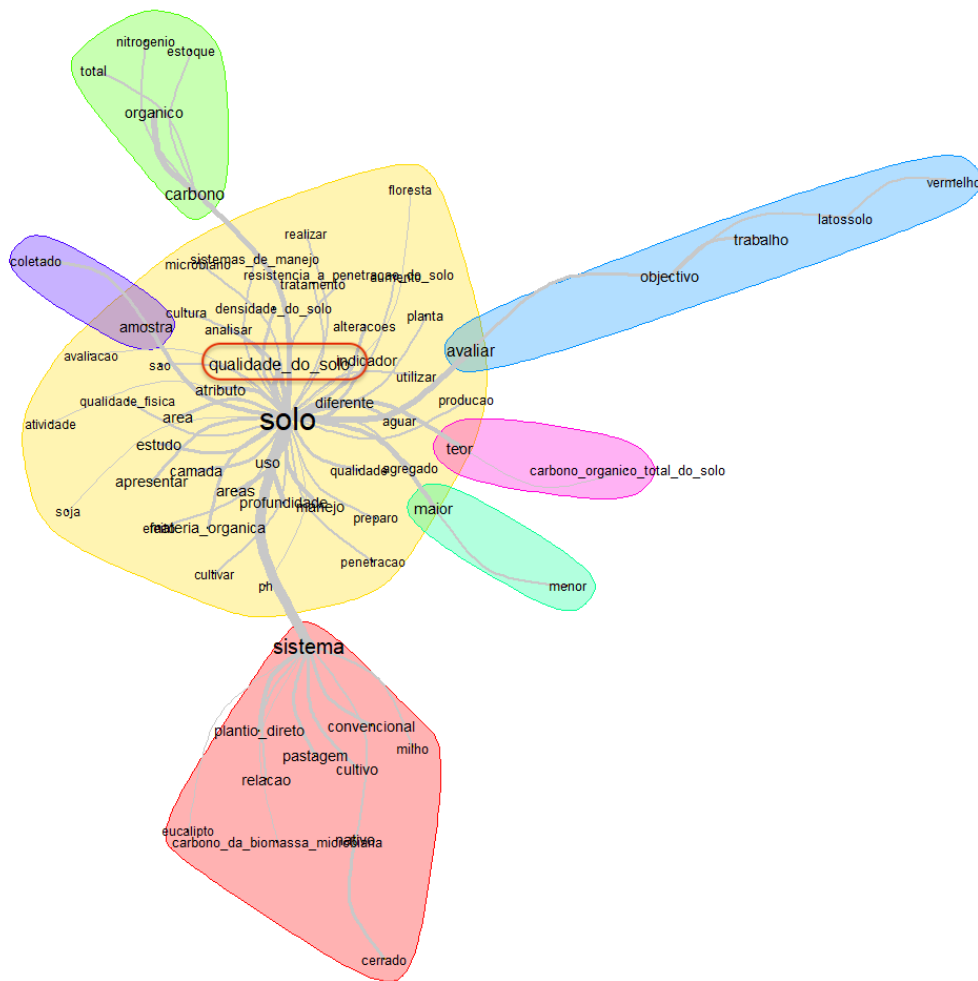
3.1.2 Período 2001 a 2010 (106 resumos)

A análise de similitude das palavras contidas nos resumos dos artigos publicados entre os anos de 2001 e 2010 gerou também sete agrupamentos, assim como na década anterior, porém em uma disposição totalmente diferente (Figura 3) com a associação entre palavras a partir daquelas contidas no grupo central.

O termo QS ficou associado no conjunto central, no eixo de conexão com o agrupamento composto por estoque de carbono orgânico e nitrogênio total, como o caso do trabalho de Rangel e Silva (2007). A palavra ‘uso’ que compõe o agrupamento central formou forte conexão com o agrupamento em que a palavra ‘sistema’ se destacou. Esse grupo exibiu os sistemas de manejo adotados nos estudos (plantio direto e convencional), e, ainda, mas de forma mais fraca, devido à espessura de conexão mais estreita, aos sistemas de cultivo de pastagens, milho e eucalipto.

Nessa década, evidenciou-se que QS esteve associada a diversos termos e objetivos, como, por exemplo, ‘qualidade física’, ‘agregado’, ‘resistência à penetração’, ‘densidade do solo’, ‘matéria orgânica’, ‘floresta’, ‘planta’, ‘cultura’, ‘cultivar’, ‘produção’, ‘atividade’, ‘camada’, ‘profundidade’, ‘preparo’, ‘área’, ‘avaliação’, ‘estudo’. A partir da ferramenta de ‘concordância’, o termo QS apareceu no contexto de estudos relacionados à matéria orgânica (Bayer et al., 2003), à resistência a penetração (Bavoso et al., 2010), à produtividade agrícola (Morales et al., 2010). A partir dessa análise, QS foi relacionada a vários contextos e atributos de solo, especialmente os do âmbito da física do solo. O destaque dos grupos de palavras contendo teor e estoques de C e N e, ainda, os sistemas de preparo e de culturas indica que QS foi determinada por meio desses estoques e analisada em sistemas de manejo.

Figura 3 – Análise de similitude dos resumos dos 106 artigos publicados no Brasil entre 2001 e 2010.



Fonte: Autores (2022).

3.1.3 Período 2011 a 2021 (157 resumos)

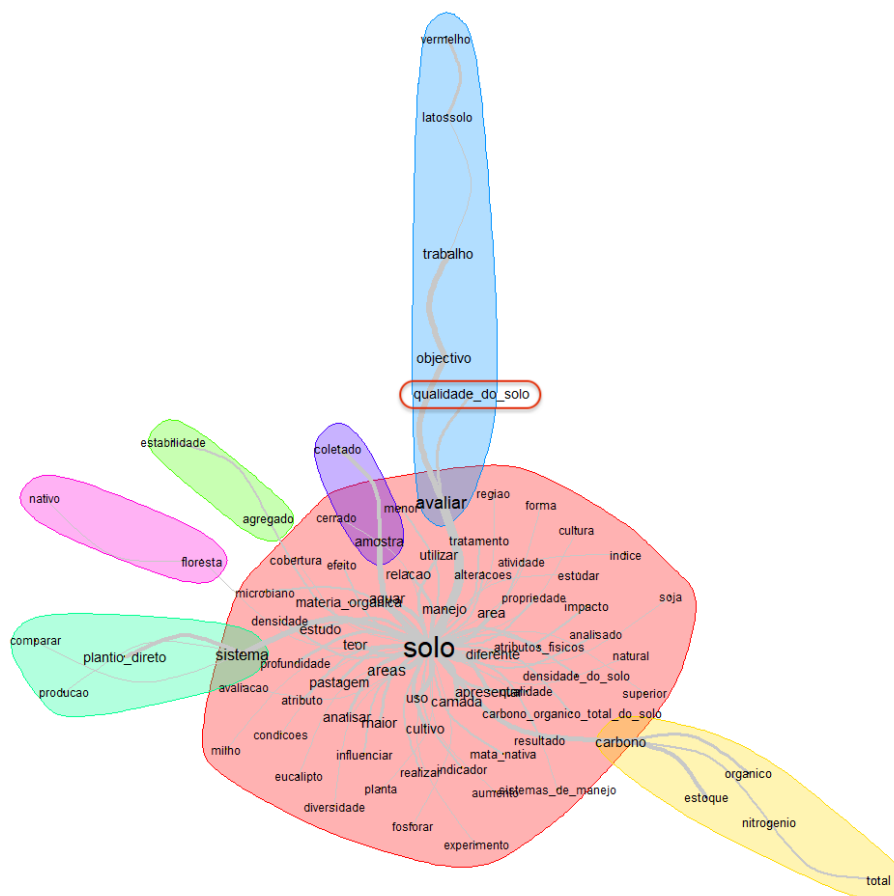
Os trabalhos publicados entre os anos 2011 e 2021 resultaram em uma análise de similitude com sete grupamentos (Figura 4). O termo QS compôs um grupo em que ressalta a sua ‘avaliação’ ser o ‘objetivo’ dos trabalhos e ênfase em Latossolos Vermelhos, assim como ocorreu entre 2001 e 2010 (Figura 3).

O grupo central conteve a maior quantidade de termos e estiveram relacionados a sistemas de culturas a exemplo das palavras ‘mata nativa’, ‘pastagem’, ‘eucalipto’, ‘cultura’, ‘cultivo’, ‘cobertura’. Atributos de solo como ‘atributos físicos’, ‘matéria orgânica’ e ‘carbono orgânico total’ também ficaram associados nesse grupo central. O termo ‘carbono orgânico total’ conduziu a associação com o grupo em que se evidenciou os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total, assim como a década anterior. Esse comportamento evidencia esses atributos como indicadores de QS, como apresentado no trabalho de Almeida et al. (2016).

Assim como 2001 a 2010, o período entre 2011 e 2021 também ressaltou a palavra ‘sistema’ por formar uma comunidade a partir do termo ‘estudo’ do grupo central, evidenciando o foco dos estudos em ‘plantio

direto' e relacionado à 'produção'. Exemplo desses estudos está em Silva et al. (2017), o qual relaciona a produtividade do feijoeiro com os atributos químicos dentro do sistema de plantio direto.

Figura 4 – Análise de similitude dos artigos publicados no Brasil entre 2011 e 2021.



Fonte: Autores (2022).

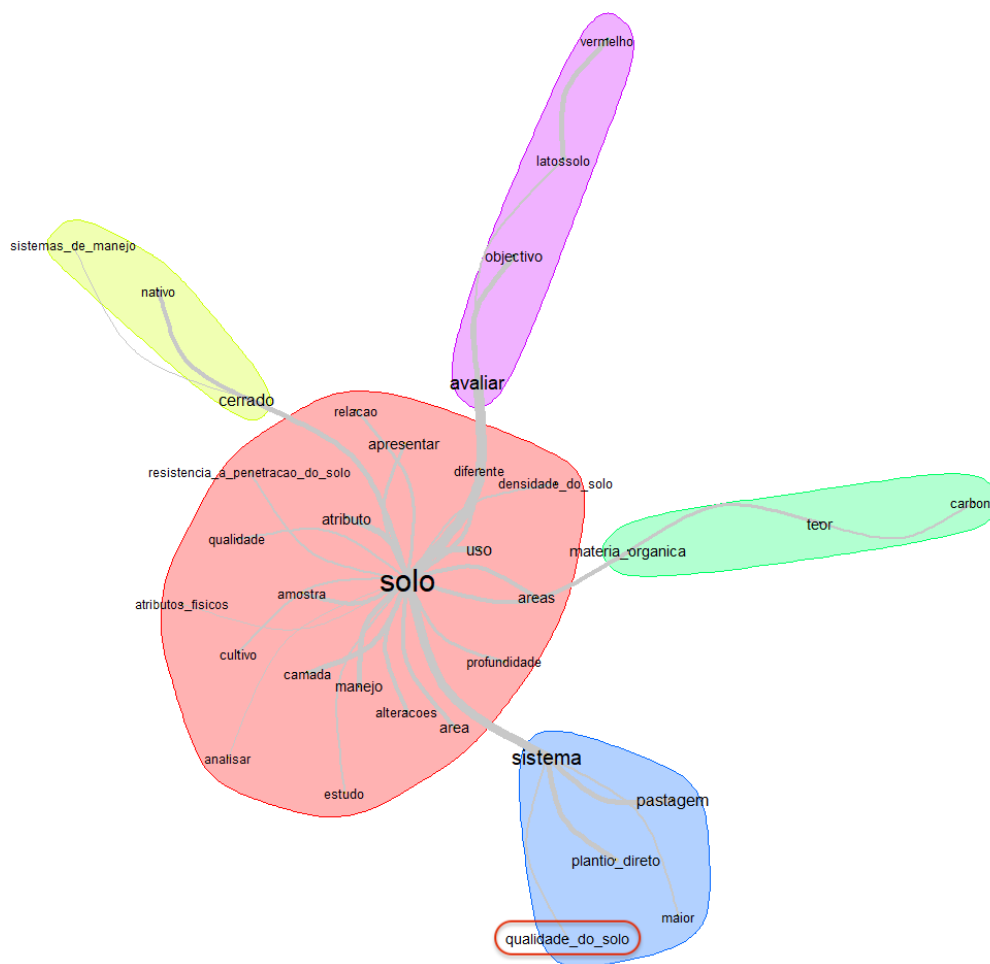
A análise de similitude dessa época indicou estudos para outros sistemas de uso, que não tinham aparecido na década anterior, como pastagem e eucalipto, contidos nos trabalhos de Pillon et al. (2011), Suzuki et al. (2012) e Neto et al. (2018). Os indicadores de QS permaneceram os mesmos e os estoques de carbono e nitrogênio foram destacados como os principais. Houve um interesse maior em estabilidade de agregados, confirmado pelo agrupamento a parte. Sendo assim, de forma geral, os trabalhos publicados entre 2001-2010 e 2011-2021 tiveram abordagens semelhantes.

3.2 Análise Regional

3.2.1 Região Centro-Oeste (50 resumos)

Para a região Centro-Oeste do país, a análise de similitude dos trabalhos publicados entre 1990 e 2021 apresentou cinco agrupamentos de palavras (Figura 5). O termo QS ficou conectado ao grupo composto por ‘sistema’, ‘pastagem’ e ‘plantio direto’. Outro grupo com ‘sistema de manejo’ e Cerrado nativo foi formado, evidenciando que QS esteve associada à avaliação dos sistemas de uso, a exemplo dos estudos de D’Andréa et al. (2002), que utilizaram áreas de cerrado nativo para verificar alterações dos atributos biológicos indicadores da QS em pastagem, plantio direto e preparo convencional.

Figura 5 – Análise de similitude dos artigos publicados na Região Centro-Oeste do Brasil entre 1990 e 2021, 50 resumos analisados.



Fonte: Autores (2022).

A maior comunidade de palavras, a central, foi constituída por palavras relativas à metodologia de estudo como ‘amostra’, ‘analisar’ e ‘profundidade’ e aos indicadores físicos do solo, a exemplo de ‘resistência

à penetração’ e ‘densidade do solo’, apontando que os estudos dessa região abordaram a dimensão física do solo, como pode ser visto nos estudos de Alves, Suzuki e Suzuki (2007); Bono, Macedo e Tormena (2013) e Sá et al. (2016).

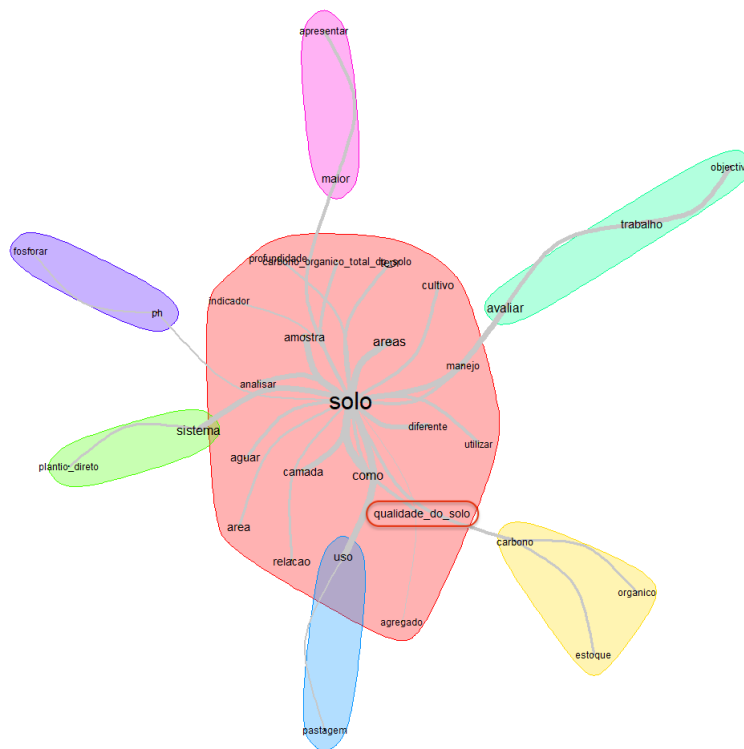
Teor de carbono e matéria orgânica formaram um grupamento a parte, ressaltando o carbono como indicador mais utilizado nos estudos também dessa região, como os trabalhos de Cardoso et al. (2009), Caetano et al. (2013) e Troian et al. (2020).

3.2.2 Região Nordeste (55 resumos)

A análise de similitude entre os trabalhos da região Nordeste (Figura 6) apresentou o termo QS na comunidade central associada a palavras ‘manejo’, ‘cultivo’ e termos relativos à metodologia do estudo. A partir do termo QS, houve a formação do grupamento constituído pelo estoque do carbono orgânico, evidenciando o indicador de QS mais enfatizado. Os trabalhos desenvolvidos no Nordeste de Barreto et al. (2008) e Pôrto et al. (2009) são alguns exemplos do uso do carbono orgânico como indicador-chave.

Dois comunidades ressaltam os sistemas de uso estudados ‘plantio direto’ e ‘pastagem’, indicando a relação da QS com sistemas conservacionistas. E o grupo formado por ‘pH’ e ‘fósforo’ apresentou o interesse sobre os indicadores químicos nessa região, a exemplo de Leite et al. (2010) que analisou atributos químicos em áreas de plantio direto com diferentes tempos de implantação e em áreas de plantio convencional, e de Leite et al. (2013), que relacionou o monocultivo e o consórcio de macaúba e pastagem sobre indicadores químicos e os compartimentos de carbono do solo.

Figura 6 – Análise de similitude dos artigos publicados na Região Nordeste do Brasil entre 1990 e 2021, 55 resumos analisados.

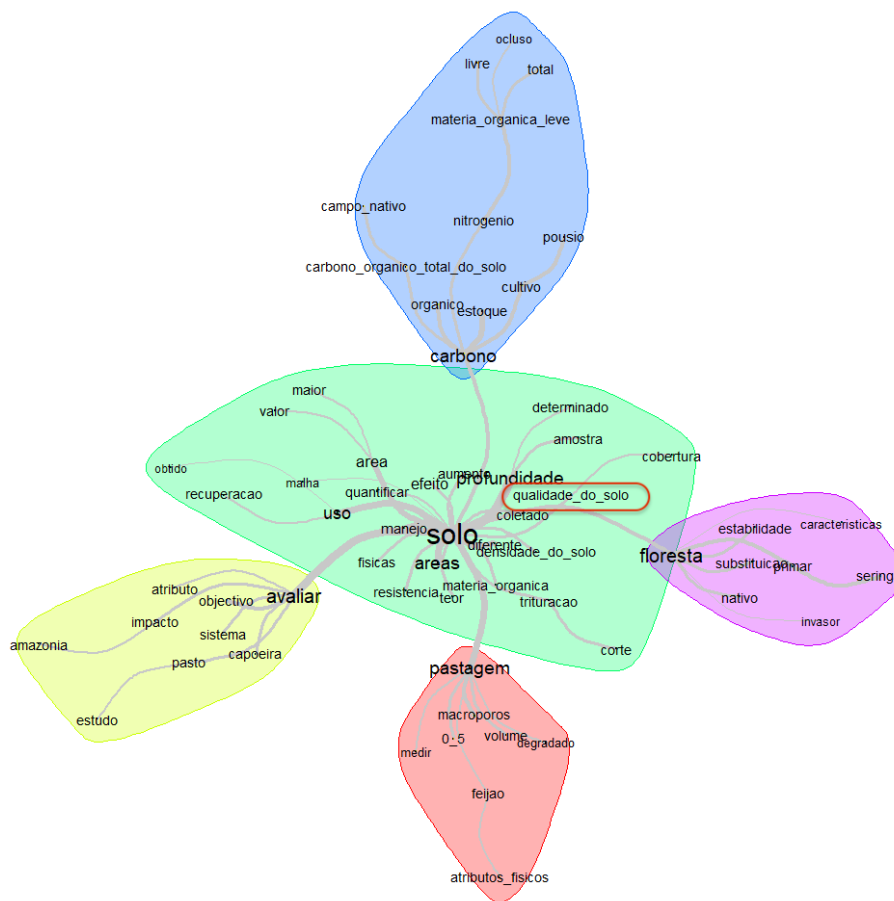


Fonte: Autores (2022).

3.2.3 Região Norte (7 resumos)

Para a região Norte, a análise de similitude dos trabalhos publicados entre 1990 e 2021 gerou cinco comunidades de palavras (Figura 7). QS associou-se às palavras do conjunto central constituído por termos relacionados à recuperação das áreas (Tarrá et al., 2010), aos usos (Freitas et al., 2012), à amostragem em diferentes profundidades (Alho et al., 2014), aos tipos de manejo adotados (Rangel-Vasconcelos, Kato e Vasconcelos, 2012), a cobertura do solo (Cunha et al., 2017), ao teor de matéria orgânica (Rangel-Vasconcelos, Kato e Vasconcelos, 2012) e aos atributos físicos como resistência (Neto et al., 2013) e densidade (Alho et al., 2014). O grupo formado pelos termos relacionados ao estoque dos diferentes compartimentos do carbono e do nitrogênio associados a sistemas de manejo evidenciou, também nessa região, o indicador de QS mais destacado.

Figura 7 – Análise de similitude dos artigos publicados na Região Norte do Brasil entre 1990 e 2021, 7 resumos analisados.



Fonte: Autores (2022).

Um dos grupos exibiu o objetivo de avaliar o impacto no ambiente da Amazônia, destacando ‘capoeira’ e ‘pasto’, como foi a pesquisa desenvolvida por Neto et al. (2013). Estes autores identificaram a relação da

degradação do solo com a degradação do pasto. Na região amazônica o tema pastagem foi relevante a ponto de ser demonstrado em uma comunidade específica e esteve associado aos indicadores físicos do solo para analisar o estado de degradação, como apresentado por Tarrá et al. (2010). A preocupação dos solos sob floresta também ficou evidente na formação de um agrupamento integrando aspectos como ‘substituição’, ‘nativo’ e ‘seringal’, visto no trabalho de Zaninetti, Moreira e Moraes (2016).

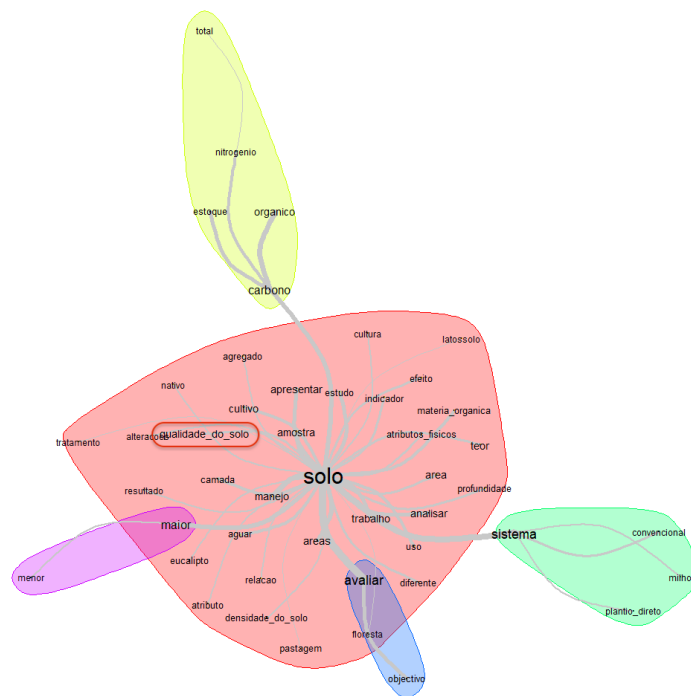
3.2.4 Região Sudeste (78 resumos)

Na região Sudeste, a análise de similitude dos trabalhos gerou um grupo central em que o termo QS está presente associado a ‘atributos físicos’, e especificamente a ‘agregado’ e ‘densidade do solo’ (Figura 8). Nessa comunidade, houve conexões também com sistemas de uso do solo: ‘pastagem’, ‘eucalipto’, ‘nativo’, apresentados nos estudos de Neves et. al (2004), Chaer e Tótolá (2007) e Freitas et. al (2012).

‘Matéria orgânica’ constituiu o grupamento central, porém estoques de carbono orgânico e nitrogênio total formaram grupo específico, ressaltando esses atributos como indicadores de QS. O estudo de Leite *et al.* (2003) representa esse grupo, pois avaliaram estoques totais de carbono orgânico e nitrogênio em milho sob adubação orgânica e mineral e relacionaram com a estimativa do sequestro ou emissão de CO₂. Outros exemplos podem ser vistos em Rangel e Silva (2007), Pegoraro et al. (2014) e Ribeiro et al. (2019).

As comunidades formadas por ‘sistema’, integrando ‘convencional’ e ‘plantio direto’ da cultura do ‘milho’, e por ‘floresta’ demonstraram os propósitos dos estudos dessa região. O trabalho de Silva, Silva e Ferreira (2005) serve como exemplo, pois os autores apresentaram as alterações de alguns indicadores físicos do solo de QS sob diferentes sistemas de cultivo convencional e plantio direto com milho.

Figura 8 – Análise de similitude dos artigos publicados na Região Sudeste do Brasil entre 1990 e 2021, 78 resumos analisados.



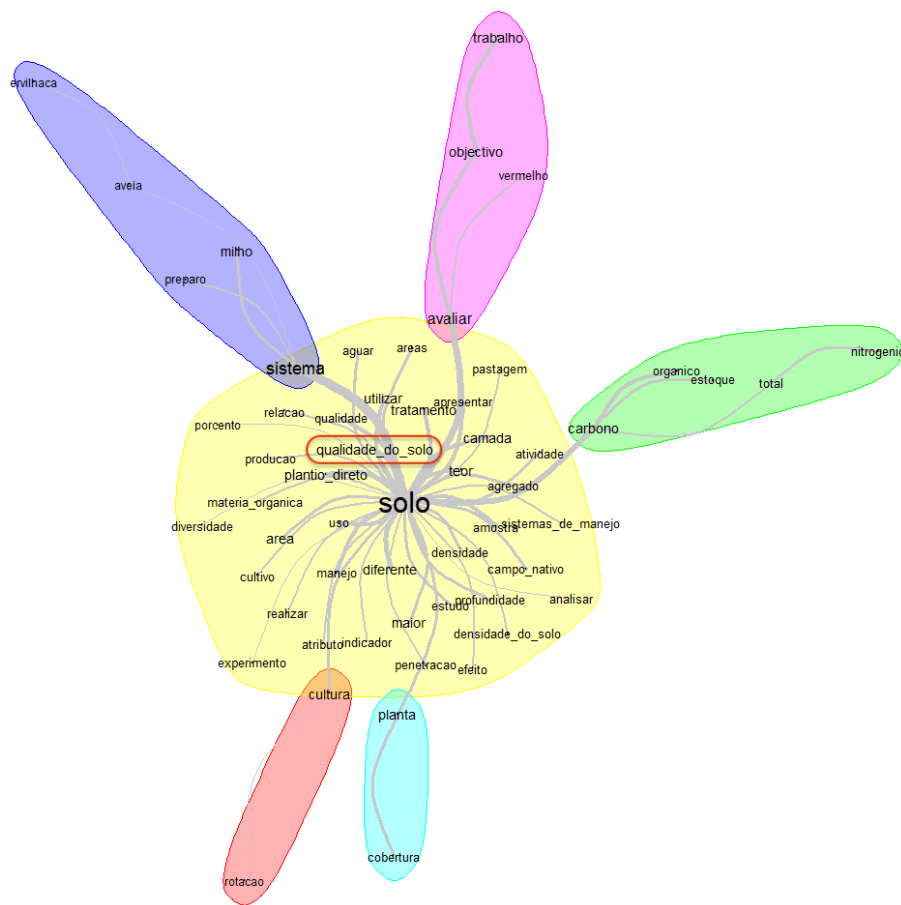
Fonte: Autores (2022).

3.2.5 Região Sul (77 resumos)

Na região Sul, o termo QS fez associação com várias palavras constituindo o grupamento central na análise de similitude dos trabalhos publicados entre 1990 e 2021 (Figura 9). Ressalta-se a associação com os atributos físicos do solo, evidenciados em ‘densidade do solo’, ‘penetração’ e ‘agregado’. Essa comunidade apresentou conexão também com sistemas de uso e manejo, ‘cultivo’, ‘pastagem’ e ‘campo nativo’. ‘Matéria orgânica’ também se conectou no grupo central, mas novamente os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total formaram comunidade a parte, destacando como indicador-chave de QS, como no estudo de Winck et al. (2014).

Conexão relevante foi gerada com o grupo formado por sistema de preparo utilizando aveia, ervilhaca e milho, apontando o foco de experimento de longa-duração existente na região, como demonstrado nos estudos de Amado et al. (1999) e Vezzani e Mielniczuk (2009).

Figura 9 – Análise de similitude dos artigos publicados na Região Sul do Brasil entre 1990 e 2021, 77 resumos analisados.



E chama atenção, na região Sul, o aparecimento da palavra ‘diversidade’ no grupamento associado à QS e a formação de comunidades com rotação de cultura e planta de cobertura (Figura 9). Diversidade é princípio fundamental para atingir sustentabilidade dos sistemas produtivos (Cappelli et al., 2022) e promover que o

solo desempenhe suas funções ecossistêmicas em plenitude (Vezzani, 2015), que se traduz em QS. Por isso, esperava-se que diversidade e termos relacionados deveriam estar associados à QS em todos os *corpus* textuais, mas não ocorreu.

4. Conclusão

No conjunto de trabalhos selecionados e usando a análise de similitude textual verificamos que a abordagem do tema Qualidade do Solo no Brasil nos primeiros dez anos de estudos (década entre 1990 e 2000) apresentou a visão integradora e holística que o conceito abarca, demonstrada pelos grupos de atributos das dimensões biológica, física e química. Com o passar do tempo, de 2001 a 2021, Qualidade do Solo foi associada a atributos físicos do solo e os compartimentos de carbono se constituíram o indicador-chave. Regionalmente, as avaliações focaram em comparações de sistemas de manejo e uso da terra com os ecossistemas nativos característicos de cada região, os atributos físicos foram associados à Qualidade do Solo e o estoque de carbono como indicador-chave foi comum a todas. A relação da Qualidade do Solo com a biodiversidade apareceu somente nos estudos da região Sul.

Ressaltamos a importância de construir conhecimento sobre o estado de Qualidade do Solo dos ecossistemas naturais e manejados do país na sua perspectiva mais integradora, em avaliações que considerem as dimensões biológica, física e química do solo. Dessa forma, a compreensão dos processos ecológicos conduzirá a práticas de manejo que garantirão o adequado funcionamento do solo e a oferta dos serviços ecossistêmicos para os humanos.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica concedida à Rafaela Dembiski Lopes, e à Selma Barbosa Bastos pela contribuição nas discussões da equipe.

6. Referências

- Alho, L. C., Campos, M. C. C., Silva, D. M. P. D., Mantovanelli, B. C., & Souza, Z. M. D. (2014). Variabilidade espacial da estabilidade de agregados e estoque de carbono em cambissolo e argissolo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 44, 246-254.
- Almeida, L. S. D., Ferreira, V. A. S., Fernandes, L. A., Frazão, L. A., Oliveira, A. L. G., & Sampaio, R. A. (2016). Indicadores de qualidade do solo em cultivos irrigados de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51, 1539-1547.
- Alves, M. C., Suzuki, L. G. A. S., & Suzuki, L. E. A. S. (2007). Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, 617-625.
- Amado, T. J. C., Mielniczuk, J., Fernandes, S. B. V., & Bayer, C. (1999). Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23, 679-686.
- Barreto, A. C., Freire, M. B. G. D. S., Nacif, P. G. S., Araújo, Q. R., Freire, F. J., & Inácio, E. D. S. B. (2008). Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, 1471-1478.

Bavoso, M. A., Giarola, N. F. B., Tormena, C. A., & Pauletti, V. (2010). Preparo do solo em áreas de produção de grãos, silagem e pastejo: efeito na resistência tênsil e friabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34, 227-234.

Bayer, C., Spagnollo, E., Wildner, L. D. P., Ernani, P. R., & Alburqueque, J. A. (2003). Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, 33, 469-475.

Bono, J. A. M., Macedo, M. C. M., & Tormena, C. A. (2013). Qualidade física do solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37, 743-753.

Caetano, J. O., Benites, V. D. M., Silva, G. P., Silva, I. R. D., Assis, R. L. D., & Cargnelutti Filho, A. (2013). Dinâmica da matéria orgânica de um Neossolo Quartzarênico de Cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 37, 1245-1255.

Camargo, B.V., & Justo, A.M. (2013). Tutorial para uso do software de análise textual iramuteq. **Laboratório de Psicologia Social da Comunicação e Cognição – LACCOS**. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

Cappelli, S.L., Domeignoz-Horta, L.A., Loaiza, V., & Laine, A-L. (2022). Plant biodiversity promotes sustainable agriculture directly and via belowground effects. **Trends in Plant Science**, 27, 674-687.

Cardoso, E. L., Silva, M. L. N., Moreira, F. M. D. S., & Curi, N. (2009). Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 44, 631-637.

Chaer, G. M., & Tótola, M. R. (2007). Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, 1381-1396.

Cunha, J. M. D., Gaio, D. C., Campos, M. C. C., Soares, M. D. R., Silva, D. M. P. D., & Lima, A. F. L. D. (2017). Atributos físicos e estoque de carbono do solo em áreas de terra preta arqueológica da Amazônia. **Revista Ambiente & Água**, 12, 263-281.

D'Andréa, A. F., Silva, M. L. N., Curi, N., Siqueira, J. O., & Carneiro, M. A. C. (2002). Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26, 913-923.

Doran, J.W., & Parkin, T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F. & Stewart, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, p.1-20. (Special, 35)

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. (2014) **Resolution adopted by the General Assembly on 20 December 2013**. United Nations A/RES/68/232. Rome: United Nations.

FAO, ITPS, GSBI, CBD & EC. (2020). **State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020**. Rome: FAO.

Fidalski, J., Tormena, C. A., & Scapim, C. A. (2007). Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um latossolo vermelho cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, 9-19.

Freitas, D. A. F. D., Silva, M. L. N., Cardoso, E. L., & Curi, N. (2012). Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**, 43, 417-428.

Freitas, I. C. D., dos Santos, F. C., Custódio Filho, R. D. O., Silva, N. R. D. A., & Correchel, V. (2012). Resistência à penetração em Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16, 1275-1281.

IUSS – International Union of Soil Science. (2015). **International Decade of Soils 2015-2024**. Vienna Soil Declaration. Disponível em: <https://www.iuss.org/international-decade-of-soils/>. Acesso em: 09/07/2022.

Karlen, D. L., De, M., McDaniel, M.D., & Stott, D.E. (2021) Evolution of the Soil Health Movement. In: Douglas L. K., Stott, D. E. Stott, & Mikha, M.M. (eds.) **Soil Health Series: Volume 1 Approaches to Soil Health Analysis**. Madison: SSSA, p. 21-48.

Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., & Schuman, G.E. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). (1997). **Soil Science Society of American Journal**, 61, 4-10.

Leite, L. F. C., Mendonça, E. S., Neves, J. C. L., Machado, P. L. O. A., & Galvão, J. C. C. (2003). Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27, 821-832.

Leite, L. F., Arruda, F. P. D., Costa, C. D. N., Ferreira, J. D. S., & Holanda Neto, M. R. (2013). Qualidade química do solo e dinâmica de carbono sob monocultivo e consórcio de macaúba e pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17, 1257-1263.

Leite, L. F., Galvão, S. R., Holanda Neto, M. R., Araújo, F. S., & Iwata, B. F. (2010). Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14, 1273-1280.

Morales, C. A. S., Albuquerque, J. A., Almeida, J. A. D., Marangoni, J. M., Stahl, J., & Chaves, D. M. (2010). Qualidade do solo e produtividade de *Pinus taeda* no planalto catarinense. **Ciência Florestal**, 20, 629-640.

Neto, D. N. N., Santos, A. C. D., Santos, P. M., Melo, J. C., & Santos, J. S. (2013). Análise espacial de atributos do solo e cobertura vegetal em diferentes condições de pastagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17, 995-1004.

Neto, F. V. da C., Pereira, M. G., Leles, P. S. dos S., & Abel, E. L. da S. (2018). Atributos químicos e físicos do solo em áreas sob diferentes coberturas florestais e pastagem em Além Paraíba - MG. **Ciência Florestal**, 28(1), 13-24.

Neves, C. M. N. D., Silva, M. L. N., Curi, N., Macedo, R. L. G., & Tokura, A. M. (2004). Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, 28, 1038-1046.

Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., Chotte, J-L., De Deyn, G.B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T.(Eds.). (2016) **Global Soil Biodiversity Atlas**. Luxembourg: European Commission, Publications Office of the European Union.

Pegoraro, R. F., Silva, I. R. D., Novais, R. F. D., Barros, N. F. D., Cantarutti, R. B., & Fonseca, S. (2014). Estoques de carbono e nitrogênio em Argissolo submetido ao monocultivo de Eucalyptus urograndis e em rotação com Acacia mangium. **Ciência Florestal**, 24, 935-946.

Pillon, C. N., Santos, D. C. D., Lima, C. L. R. D., & Antunes, L. O. (2011). Carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho sob floresta, pastagem e mata nativa. **Ciência Rural**, 41, 447-453.

Pôrto, M. L., Alves, J. D. C., Diniz, A. A., Souza, A. P. D., & Santos, D. (2009). Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no Brejo Paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, 33, 1011-1017.

Rangel, O. J. P., & Silva, C. A. (2007). Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, 1609-1623.

Rangel-Vasconcelos, L. G. T., Kato, O. R., & Vasconcelos, S. S. (2012). Matéria orgânica leve do solo em sistema agroflorestal de corte e trituração sob manejo de capoeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 47, 1142-1149.

Ribeiro, J. M., Frazão, L. A., Fernandes, L. A., Sampaio, R. A., Cardoso, P. H. S., & Oliveira, A. L. G. (2019). Fertilidade do solo e estoques de carbono e nitrogênio sob sistemas agroflorestais no Cerrado mineiro. **Ciência Florestal**, 29(2), 913–923.

Sá, M. A. C. D., Santos Junior, J. D. D. G. D., Franz, C. A. B., & Rein, T. A. (2016). Qualidade física do solo e produtividade da cana-de-açúcar com uso da escarificação entre linhas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51, 1610-1622.

Salviati, M. E. (2017). **Manual do Aplicativo Iramuteq (versão 0.7 Alpha 2 e R Versão 3.2.3)**. Compilação, organização e notas de Maria Elisabeth Salviati. 93 p.

Sanches, A. C., Silva, A. P., Tormena, C. A., & Rigolin, A. T. (1999). Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 23, 91-99.

Silva, J. R. C., & da Silva, F. J. (1997). Eficiência de cordões de pedra em contorno na retenção de sedimentos e melhoramento de propriedades de um solo litólico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21, 441-446.

Silva, M. C. C. da, Andreotti, M., Passos e Carvalho, M. P., Costa, N. R., & Rocha Lima, C. G. (2017). Atributos químicos do solo e produtividade do feijoeiro de inverno sob plantio direto no cerrado de baixa altitude. **Revista Engenharia Na Agricultura - REVENG**, 25(6), 549–560.

Silva, R. A. F., & Sousa, M. de M. (2018). Análise lexical por meio do software iramuteq: estudo do significado do trabalho do juiz. **XXI SemeAd: Seminários de Administração**, 1-16.

Silva, R. R. D., Silva, M. L. N., & Ferreira, M. M. (2005). Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do Alto do Rio Grande-MG. **Ciência e agrotecnologia**, 29, 719-730.

Silva, S., & Ribeiro, E. A. W. (2021). O software iramuteq como ferramenta metodológica para análise qualitativa nas pesquisas em educação profissional e tecnológica. **Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade**, 14 (2), 275-284.

Simon, C. D. P., Gomes, T. F., Pessoa, T. N., Soltangheisi, A., Bieluczyk, W., Camargo, P. B. D., & Cherubin, M. R. (2022). Literatura sobre qualidade do solo no Brasil: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 46.

Suzuki, L. E. A. S., Lima, C. L. R. de, Reinert, D. J., Reichert, J. M., & Pillon, C. N. (2012). Condição estrutural de um argissolo no Rio Grande do Sul, em floresta nativa, em pastagem cultivada e em povoamento com eucalipto. **Ciência Florestal**, 22(4), 833–843.

Tarrá, I. L., Luizão, F. D. J., Wandelli, E. V., Teixeira, W. G., Morais, W. J., & Castro, J. G. (2010). Tempo de uso em pastagens e volume dos macroporos do solo na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 14, 678-683.

Troian, D., Sérgio Rosset, J., Batista Nandi Martins, L. F., Barros Ozório, J. M., de Pierri Castilho, S. C., & Marciano Marra, L. (2020). Carbono orgânico e estoque de carbono do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, 13(4).

Vargas, L. K., & Scholles, D. (2000). Biomassa microbiana e produção de c-co₂ e n mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo: microbial biomass and C-CO₂ and mineral nitrogen production in paleudult soil cultivated under different management systems. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, 24, 35-42.

Vezzani, F. M (2015). Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 8, 673-684.

Vezzani, F. M., & Mielniczuk, J. (2009). Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, 33, 743-755.

Winck, B. R., Vezzani, F. M., Dieckow, J., Favaretto, N., & Molin, R. (2014). Carbono e nitrogênio nas frações granulométricas da matéria orgânica do solo, em sistemas de culturas sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38, 980-989.

Zaninetti, R. A., Moreira, A., & Moraes, L. A. C. (2016). Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo amarelo na conversão de floresta primária para seringais na Amazônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51, 1061-1068.