

## Prefácio

# O solo como fator de integração entre os componentes ambientais e a produção agropecuária

Adriana Reatto<sup>(1)</sup> e Renato Ferreira Passos<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Embrapa Informação Tecnológica, Parque Estação Biológica (PqEB), W3 Norte (Final), Caixa Postal 040315, Brasília, DF, Brasil. E-mail: adriana.reatto@embrapa.br, renato.passos@embrapa.br

### Introdução

O tema central deste Número Temático sobre Solos foi "O solo como fator de integração entre os componentes ambientais e a produção agropecuária". A partir desse tema central, os trabalhos foram divididos em três seções, de acordo com as grandes áreas de conhecimento abordadas, em: Solo e Planejamento do uso da terra, Solo e Produção, e Solo e Ambiente, e suas conexões (Figura 1).

Na seção de Solo como suporte ao Planejamento, priorizaram-se contribuições que possibilitassem o aumento do conhecimento das inter-relações do solo com os componentes da paisagem e que abordassem as implicações dessas inter-relações para o planejamento estratégico do uso da terra, por meio do suporte de ferramentas da geotecnologia. Foram abordados temas como a caracterização e o mapeamento digital do solo, a agricultura de precisão e os zoneamentos de componentes ambientais, isolados ou em conjunto, que são modelos que orientam a sustentabilidade da produção agropecuária.

Na seção Solo como fator integrador do Ambiente, priorizaram-se contribuições sobre o ecossistema solo e seus serviços ambientais, tais como: o papel do solo no funcionamento da paisagem; impactos das ações antrópicas sobre o provimento e a manutenção de serviços ambientais; emissão de gases de efeito estufa em vários usos do solo; qualidade ambiental em áreas sob remediação; e poluição do solo.

Na seção Solo como substrato para a Produção, priorizaram-se contribuições sobre sistemas conservacionistas de manejo e seus impactos sobre a qualidade do solo e da água, tais como: trabalhos com quantificação dos efeitos dos sistemas de manejo sobre os indicadores físicos, químicos e biológicos da

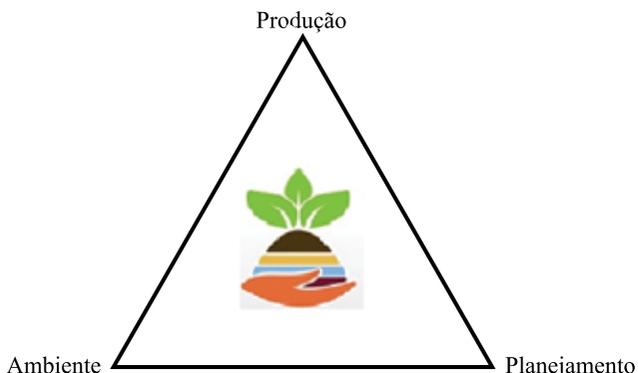
qualidade do solo, e suas implicações para as práticas de conservação do solo e da água; trabalhos com enfoque integrador dos efeitos da biologia, física e fertilidade dos solos sobre a produção agropecuária; e trabalhos que abordassem a tropicalização dos fertilizantes e suas implicações para a biodisponibilidade dos nutrientes e seus impactos sobre o ambiente.

Apresentamos a seguir uma síntese dos trabalhos publicados em cada seção do Número Temático em Solos.

### Solo e Planejamento do uso da terra

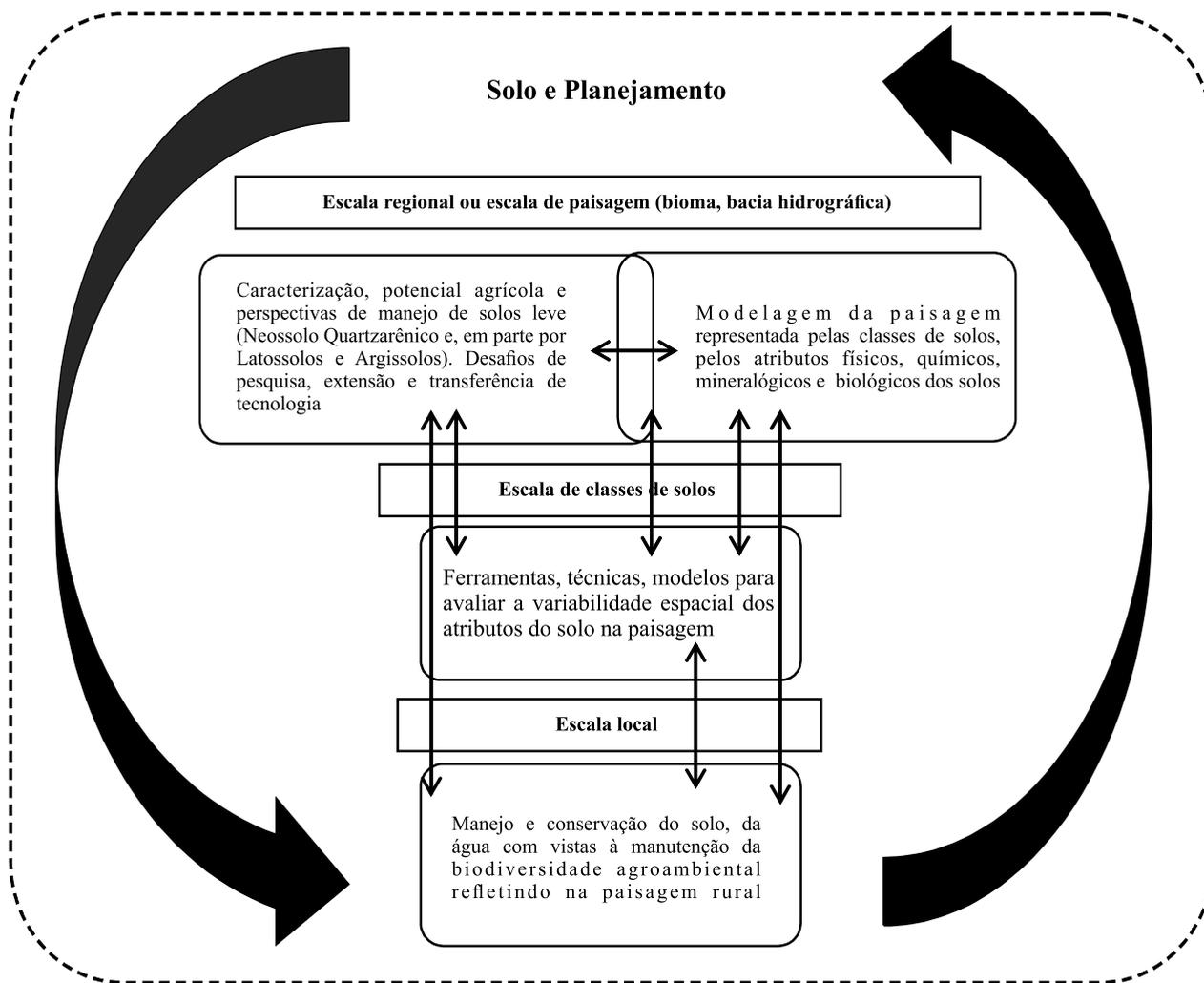
Um diagrama esquemático dos temas tratados na seção sobre o solo e sua relação com o planejamento é apresentado na Figura 2, e, para uma visão geral desses temas de pesquisa, apresenta-se uma nuvem de palavras formada a partir da frequência de uso dos termos utilizados nos trabalhos da seção (Figura 3).

Um dos grandes desafios do avanço da fronteira agrícola é a inserção dos solos leves, representados principalmente por Neossolo Quartzarênico e, em parte, por Latossolos e Argissolos. A seção contém uma revisão com a caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo, que sinalizam os principais desafios de pesquisa, extensão e transferência de tecnologia para esses solos, diante da expansão e consolidação da nova fronteira agrícola como, por exemplo, a região de Matopiba (Donagemma et al., p.1003). Em associação com os desafios apresentados para solos leves, (Oldomi et al., p.1283) abordam o manejo de irrigação em Neossolo Quartzarênico, sob diferentes combinações de atributos físico-hídricos do solo, e determina o número ótimo de zonas de manejo para pomar irrigado de videira de mesa, na região do Semiárido.



**Figura 1.** Figura conceitual do número temático em solos, com as três seções de estudo do fator solos como integrador do planejamento, ambiente e produção.

Outro grande desafio da pesquisa abordado nesta seção é a elaboração de modelos que possam representar de maneira simplificada as classes e os atributos dos solos, bem como a complexidade da paisagem. As informações sobre a distribuição espacial desses atributos culminam na modelagem da paisagem e são fundamentais para a formulação de políticas agrícolas sustentáveis e o monitoramento dos impactos causados pelo uso inadequado deste recurso. Nesse sentido, este Número também traz: uma contribuição com técnicas pedométricas de mapeamento digital de solos para prever áreas fisiograficamente semelhantes (Bagatini et al., p.1317); uma apresentação do desempenho do algoritmo Random Forest para a predição da distribuição das classes de solos (Dias et al, p.1396); a influência da resolução espacial do modelo digital



**Figura 2.** Temas abordados na seção Solo e Planejamento, e suas conexões.



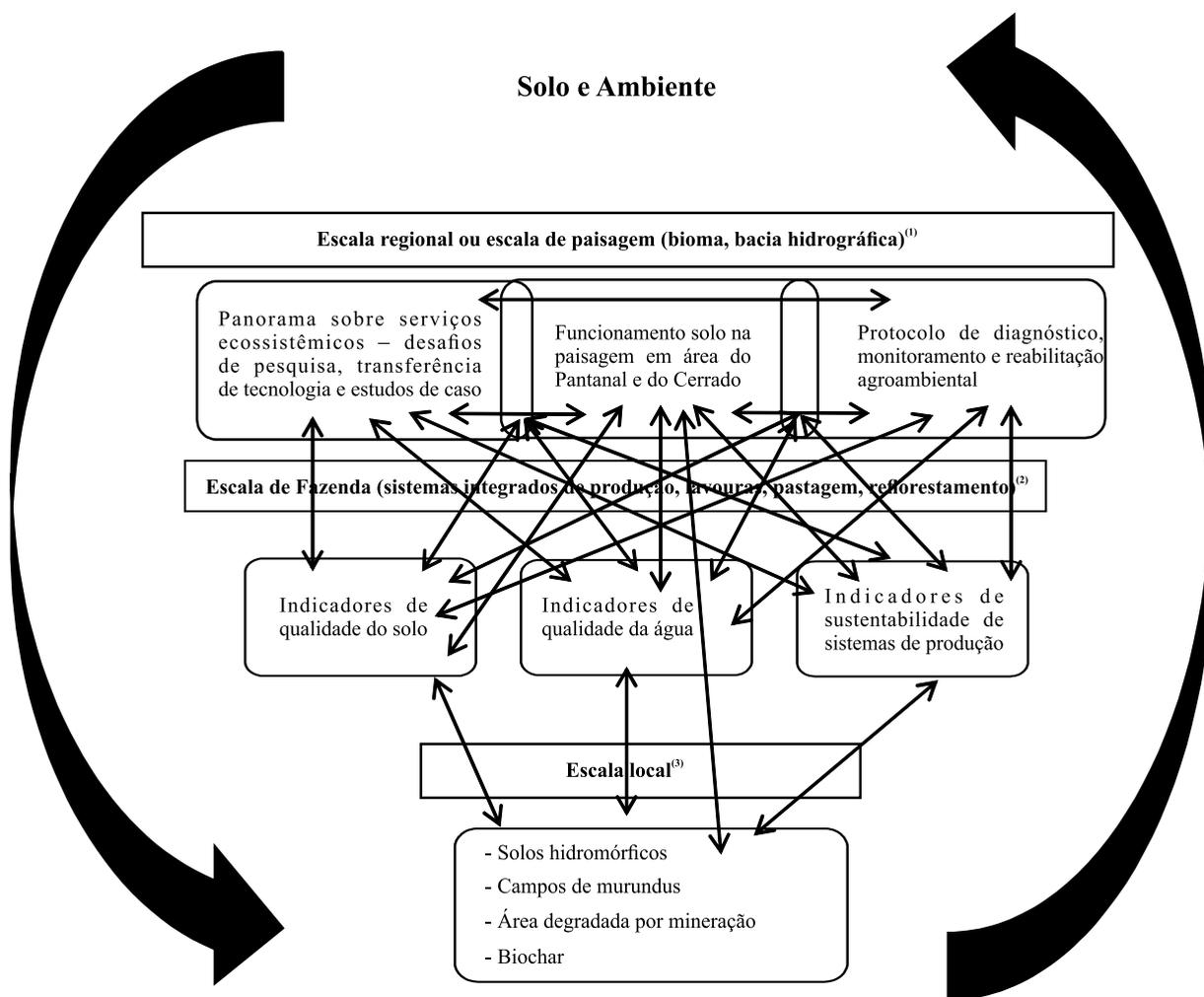
quanto aos valores de  $\delta^{13}\text{C}$ , em regiões de elevada altitude (Dortzbach et al., p.1339).

### Solo e Ambiente

O solo como fator integrador do ambiente remete ao solo como protagonista de muitos desafios, representados na Figura 4. Na Figura 5, apresenta-se a nuvem de palavras sobre a frequência em que os termos foram utilizados nos trabalhos desta seção.

Os temas abordados foram distribuídos inicialmente em uma escala regional, ou de paisagem, onde se apresenta um panorama de como o solo é provedor de serviços ecossistêmicos, assinalando

os desafios e oportunidades para a pesquisa e para o desenvolvimento de políticas públicas relacionadas à sustentabilidade agroambiental no Brasil (Prado et al., p.1021). Nessa escala, estudos de caso exemplificam o aporte de serviços ecossistêmicos em agroecossistemas em biomas brasileiros e propõem um conjunto de indicadores desses serviços para o monitoramento de alterações em agroecossistemas (Turetta et al., p.1051). A eutrofização de solos é abordada quanto a fragmentos remanescentes de vegetação arbórea, adjacentes a paisagens agrícolas, em razão de seu uso intensivo (Uzêda et al., p.1120). A função de filtragem do solo foi tratada em escala exploratória no mapa



**Figura 4.** Temas abordados na seção Solo e Ambiente e suas conexões. Temas: <sup>(1)</sup>Escala regional ou escala de paisagem (bioma, bacia hidrográfica). <sup>(2)</sup>Escala de fazenda (sistemas integrados de produção, lavouras, pastagem, reflorestamento). <sup>(3)</sup>Escala local.



A escala mais específica desta seção abrange estudos com avaliação de ecossistemas locais, com a avaliação dos efeitos da conversão de ecossistemas naturais em áreas agrícolas sobre os atributos físicos, químicos e biológicos dos solos. O impacto da conversão de campos de murundus em sistema de produção plantio direto é abordado quanto a seus efeitos sobre o teor de matéria orgânica e a agregação do solo conforme (Souza et al., p.1194). O impacto do cultivo de solos hidromórficos também é estudado no bioma Pampa, em que se avaliam os efeitos de sistemas integrados de produção sobre a macroporosidade e a fauna edáfica do solo (Carvalho et al., p.1131).

Em estudo mais pontual, neste Número, é apresentada a evolução das condições físicas e do desenvolvimento radicular de gramíneas perenes da reconstrução de solo, em local de mineração de carvão (Stumpf et al., p.1078), cujas superfícies mineradas necessitam da implantação de cobertura vegetal para a recuperação das áreas degradadas.

### Solo e Produção

Nesta seção do número temático, o solo é abordado como substrato para a produção agropecuária, em que os sistemas de cultivos são avaliados por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo. Os manejos conservacionista, de fertilidade e da água são avaliados, basicamente, em trabalhos conduzidos em duas escalas: a dos sistemas de cultivo e a “escala local”, na qual são abordados temas mais específicos, relativos a solos de várzea, solos dos Tabuleiros Costeiros, biochar como substrato para produção de mudas, além de uma contextualização sobre isótopos estáveis (Figura 6). Na Figura 7, apresenta-se a nuvem de palavras sobre a frequência em que os termos foram utilizados nos trabalhos da seção.

Em sistemas de cultivo, os indicadores de qualidade do solo permitem subsidiar estratégias de manejo e conservação do uso do solo que garantam a sustentabilidade da paisagem rural. A sensibilidade de indicadores de qualidade de solo, nos sistemas plantio direto, convencional e em cerrado nativo, é avaliada em diferentes bases de dados (Stefanoski et al., p.1643). Rosset et al., p.1529, estudam quais as frações químicas da matéria orgânica do solo discriminam de forma mais sensível os sistemas de manejo avaliados,

caracterizados por diferentes períodos de implantação do plantio direto (6, 14 e 22 anos). A relação da qualidade da MOS com plantas de cobertura e com o manejo da fertilização fosfatada é avaliada por Souza et al., p.1667, que apontam que essa fertilização, em período prolongado sob plantio direto, associada com milho como planta de cobertura, promove o acúmulo de carbono orgânico nas frações húmicas do solo. Melo et al., p.1511, avaliaram as frações húmica, granulométrica e oxidável da MOS, bem como o conteúdo da matéria orgânica leve no solo e os teores e estoques de C e N, em sistemas plantio direto e convencional.

Atributos microbiológicos, como a respiração basal, o nitrogênio da biomassa microbiana e o carbono da biomassa microbiana apresentaram dinâmicas distintas em ILPF, ILP, cerrado nativo e pastagem contínua, conforme Oliveira et al., p.1501. Coser et al., p.1660, avaliaram o efeito de cultivos de milho em monocultura, e consorciado com forrageiras, nas propriedades microbiológicas de solo e na disponibilidade de nitrogênio, em plantio direto, no Cerrado. Em termos da biologia do solo, a caracterização da macrofauna edáfica foi estudada em sistemas de produção de grãos submetidos ao plantio direto e convencional, em solos com diferentes texturas, na região do Matopiba (Santos et al., p.1466). Os autores reportaram que o plantio direto proporciona maior abundância e riqueza de espécies do que o preparo convencional, e identificaram relações distintas dos atributos do solo com os diferentes grupos funcionais da macrofauna edáfica.

As frações físicas da matéria orgânica do solo (MOS), em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar, e o índice de manejo de carbono (IMC) foram reportados após diferentes períodos de implantação da cana-de-açúcar, com preparo convencional do solo (Kunde et al., p.1520). Ainda sobre a cultura da cana-de-açúcar, foram avaliados os efeitos da colheita – com ou sem queima da palhada – sobre os atributos químicos do solo, os teores e estoques de C e N, e sobre a qualidade da matéria orgânica do solo (Signor et al., p.1438).

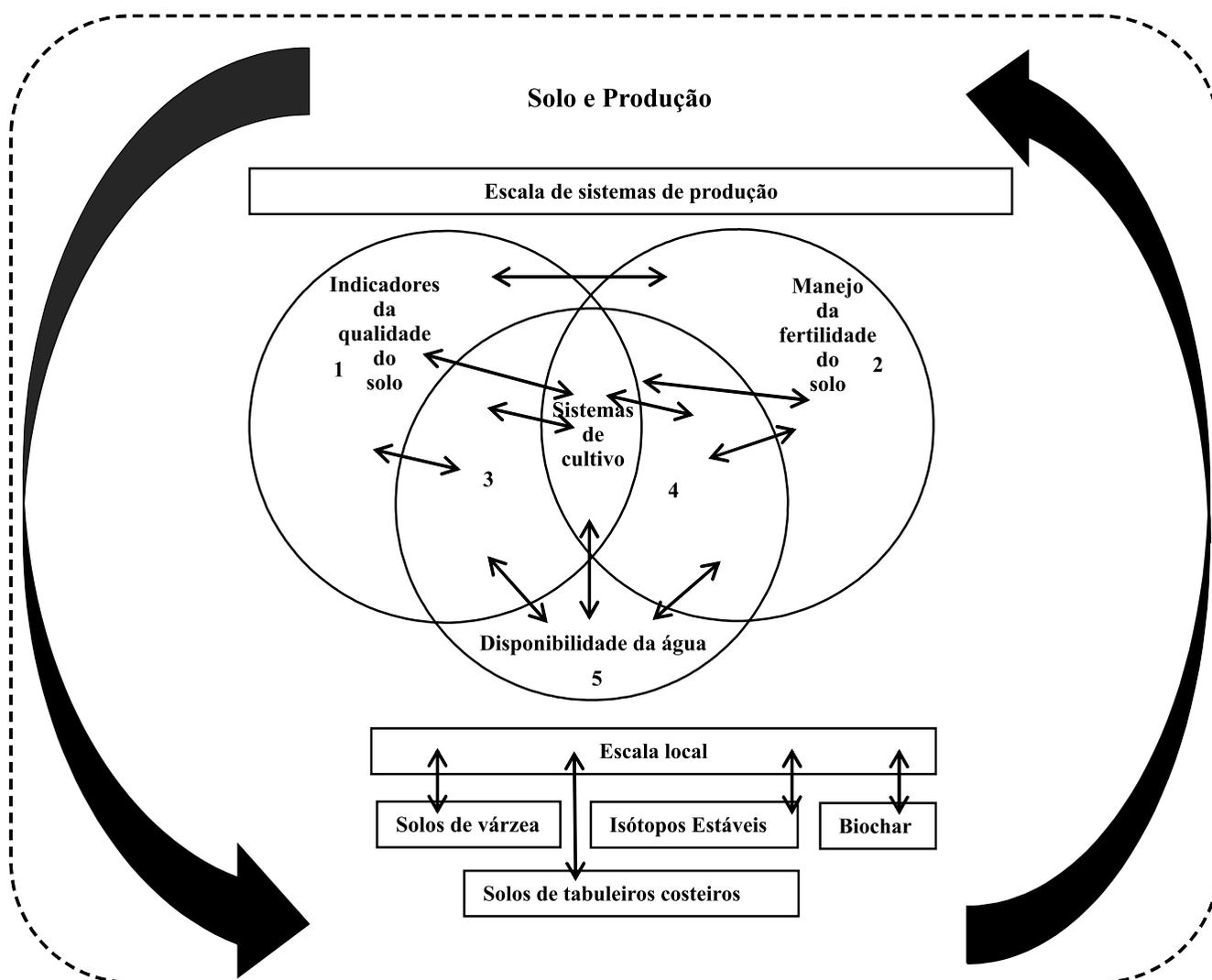
Os indicadores físicos de qualidade do solo, sob diferentes sistemas de rotação de culturas e com diferentes cultivos de sucessão foram estudados por Seben Junior et al, p.1568. Os autores ainda fizeram um relato sobre a agregação do solo associada à dinâmica do carbono e nitrogênio, nesses diferentes sistemas

de cultivo (Seben Junior et al., p.1652). O efeito do manejo do solo sobre sua estrutura também foi abordado em diferentes manejos agroecológicos, em que foram avaliadas as vias de formação de agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos, bem como sua estabilidade e atributos químicos (Rossi et al., p.1677).

A condutividade hidráulica aparente é um atributo comumente associado a diversos indicadores da qualidade do solo e foi objeto de análise em sistemas de cultivo em Latossolos, com predomínio da fração

areia na composição granulométrica (Fontana et al., p.1457). A qualidade do meio poroso de um Cambissolo submetido a diferentes usos foi analisada em trabalho em que um novo índice S – o índice S relativizado – foi proposto para monitorar os efeitos do manejo sobre a qualidade física do solo (Assis Júnior et al., p.1575).

A qualidade física do solo associada à produtividade da cana-de-açúcar, foi avaliada em uso da escarificação entre linhas de plantio (Sá et al., p.1610). Nesse sentido, diferentes níveis de recolhimento da palhada da cana-de-açúcar após a colheita foi avaliado quanto



**Figura 6.** Temas abordados na seção Solo e Produção e suas conexões. Temas: 1, indicadores de qualidade do solo (físicos, químicos e biológicos); 2, manejo da fertilidade do solo; 3, interface entre os temas abordados em 1 e 5; 4, interface entre os temas abordados em 2 e 5; e 5, disponibilidade da água.

a seus efeitos sobre a mineralização de carbono, hemicelulose, celulose e lignina do resíduo sobre o solo (Ramos et al., p.1492).

Trabalhos relacionados à interface dos indicadores de qualidade do solo e à disponibilidade de água também foram objeto de estudo nesta seção. Diversos atributos químicos e físico-hídricos do solo relacionados à disponibilidade de água foram avaliados em cultivo de cafeeiro, em sistema irrigado, com uso de braquiária como planta de cobertura nas entrelinhas (Rocha et al., p.1476). Os autores também abordaram o efeito da irrigação sobre o estoque de carbono nas camadas superficiais do solo. A qualidade física do solo também foi avaliada em cultivos irrigados de cana-de-açúcar, em cronossequência com 5, 7, 8 e 9 anos de cultivo (Almeida et al., p.1539), tendo-se observado efeito benéfico da deposição da palhada em superfície sobre os indicadores de qualidade do solo. Além disso, as influências dos atributos químicos e físicos do solo

sobre a produção de forragem de capim-marandu foram analisadas em diferentes sistemas integrados de produção agropecuária (Bonini et al., p.1695).

Além dos efeitos do manejo sobre a qualidade física e sobre atributos relacionados à disponibilidade de água, trabalhos que abordaram a fertilidade dos solos também tiveram destaque nesta seção. Em sistema plantio direto, foram avaliados os efeitos de longo prazo da aplicação superficial de calcário sobre a fertilidade do solo, a nutrição mineral e a produtividade da soja, no cultivo de verão, e da aveia-preta e do sorgo em sucessão (Costa et al., p.1633). Gurgel et al., p.1686, avaliaram métodos para estimar as perdas de N-NH<sub>3</sub> por volatilização, bem como a capacidade de um conjunto de fertilizantes minerais mistos com ureia, ácidos húmicos e zeólita, em mitigar essas perdas. A produtividade e a qualidade do feijoeiro, cultivado sobre palhada de gramíneas e adubado com nitrogênio, foram avaliadas em plantio direto (Amaral et al., p.1602).

Na interface entre o manejo da fertilidade e a disponibilidade nutrientes, Ucker et al., p.1548, avaliaram a movimentação vertical do íon potássio em perfil de Neossolo Quartzarênico sob cultivo com cana-de-açúcar, sob diferentes regimes de chuva, e Matos et al., p.1557, determinaram os níveis críticos e as faixas de suficiência de nutrientes para a palma-de-óleo a partir dos métodos de avaliação do estado nutricional das plantas: sistema integrado de diagnose e recomendação (Dris) e diagnose da composição nutricional (CND).

Os Planossolos Háplicos têm sido incorporados com frequência crescente ao sistema produtivo em terras baixas na região Sul do Brasil. A degradação desses solos tem sido relatada como consequência da ação antrópica, sobretudo das práticas agrícolas, e evidencia a necessidade de utilização de alternativas mitigadoras da compactação e da desestruturação desses solos, em estudos de avaliação da qualidade física, da disponibilidade de água e da qualidade do solo propriamente dita. Nesta seção, os trabalhos com essa temática foram desenvolvidos em uma escala de análise mais local. Pinto et al., p.1584, avaliaram a produtividade de arroz irrigado por aspersão, nesses solos, como consequência da disponibilidade de água e de atributos físicos e químicos do solo; além disso, os autores quantificaram tanto o gasto com água do sistema de irrigação por aspersão e por inundação, como



**Figura 7.** Nuvem de palavras sobre a frequência dos termos utilizados nos trabalhos da seção Solo e Produção.

a produtividade do arroz em razão de atributos físicos e químicos do solo. Ribeiro et al., p.1484, constataram que o cultivo da soja em Planossolos, em sistema plantio direto, promove a microporosidade, o conteúdo de água armazenada no solo e a disponibilidade hídrica, em comparação ao sistema convencional. A melhoria da qualidade física de Planossolos também foi avaliada em sistema plantio direto (Reis et al., p.1623).

Ainda nesta escala mais local de análise, os solos coesos, representados por características da unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros, foram estudados quanto à variabilidade espacial de seus atributos físicos, em sistemas de manejo convencional e de plantio direto (Ribeiro et al., p.1699).

Há ainda, nesta seção, uma revisão sobre o tema de isótopos estáveis – da produção ao consumo –, que traça a dinâmica de C, N e S em agroecossistemas brasileiros, com destaque para as contribuições de cientistas brasileiros para o rastreamento dos fluxos de carbono e nutrientes, bem como para a síntese e avaliação da eficácia dos fertilizantes marcados e autenticação de alimentos e bebidas (Chalk, p.1039). Além dessa revisão, a seção apresenta também um

trabalho com o uso de isótopos, para avaliar influência da inoculação com bactérias diazotróficas sobre a produtividade e a diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$ , na cultura da cana-de-açúcar, bem como a diluição isotópica de  $^{15}\text{N}$  naturalmente associada à cultura (Schultz et al., p.1594). Outro tema com abordagem pontual foi a utilização do biochar na composição de substratos para o desenvolvimento e a qualidade de mudas de teca (*Tectona grandis*) (Rezende et al., p.1449).

### Considerações Finais

Este Número Temático compõe-se de 71 artigos, dos quais 17 estão na seção Solo e Planejamento, 23 na seção Solo e Ambiente e 31 na seção Solo e Produção. Os artigos apresentados nas seções expressam o estado atual e as tendências das pesquisas nos diversos assuntos, além de sinalizarem demandas e desafios do conhecimento sobre o recurso Solo como fator de integração entre os Componentes Ambientais e a Produção Agropecuária. Agradecemos a toda comunidade científica que se empenhou na construção do Número.