

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O Plantio Direto sobre coberturas permanentes do solo é provavelmente o paradigma mais completo construído até hoje para o desenvolvimento planetário de uma agricultura sustentável, preservadora do meio ambiente, manejado de modo mais “biológico” possível.

Mais do que portador de esperança, o PD mostra sua capacidade de restauração do estatuto orgânico dos solos tão rapidamente quanto este se degrada com o preparo destruidor nas grandes eco-regiões subtropicais e tropicais. O exemplo dos Trópicos Úmidos é eloqüente a este respeito, onde os processos que comandam a degradação do recurso-solo (erosão) e a mineralização da M.O. andam mais depressa do que em qualquer outro lugar do planeta. O estatuto orgânico dos solos pode, com o uso dos sistemas em PD mais atuantes, alcançar logo e ainda ultrapassar o dos ecossistemas naturais (*florestas, cerrados*), até nessas eco-regiões com climas excessivos, onde temperatura e pluviometrias são altas e onde os solos são “vazios quimicamente”, e apresentam um poder de retenção irrelevante em relação aos adubos minerais.

Se o Plantio Direto (PD) sobre cobertura vegetal propicia sempre, em todas as grandes eco-regiões estudadas, a seqüestração do carbono, a importância desta seqüestração depende da natureza e da tipologia dos sistemas de cultivo praticados: os mais atuantes para esta função são aqueles que produzem mais biomassa aérea com C/N e teor de lignina elevados, e que possuem sistemas radiculares muito desenvolvidos na superfície e em profundidade para poder utilizar eficientemente a água profunda do solo, abaixo da área de atuação radicular das culturas comerciais. Os sistemas radiculares mais resistentes à mineralização estão cercados de “mangas” importantes de microagregados que protegem a M.O. (*polisacarídeos, endomicorizas vesículo-arbusculares, polifenóis*), como se encontram na espécie *Eleusine coracana*, cultivada pura ou consorciada com leguminosas pivotantes, ou as do gênero *Brachiaria*, consorciadas com bombas biológicas recicladoras, tais como milho e sorgo.

Nestes sistemas, a produção de matéria seca é contínua durante o ano todo, através da utilização progressiva de uma enorme reserva hídrica, numa grande espessura de solo, e as concentrações em M.O. aumentam na superfície do solo (Figura 25). O recarregamento em carbono interessa principalmente no horizonte de 0-10 cm, mas também no de 10-20 cm, quando gramíneas com sistema radicular mais potente são usadas (*Eleusine, Brachiaria* consorciada com sorgo, milho ou em pastagem em 4 a 5 anos; espécies perenes usadas como coberturas vivas, tais como *Cynodon dactylon* ou *Pennisetum clandestinum*). O acréscimo de M.O. na superfície aumenta a resistência dos microagregados e a proteção da M.O.; ou seja, a M.O. aumenta a estabilidade dos agregados onde se encontram, e os agregados mais estáveis, por sua vez, protegem a M.O. nele incorporada, estabelecendo assim relações recíprocas entre dinâmica da M.O. e estabilidade da agregação (*autoregulação, auto-proteção*).

A evolução das performances agronômicas e técnico-econômicas dos sistemas de cultivo acompanha, em todas as grandes eco-regiões, a evolução do estatuto orgânico dos solos:

- Nos Trópicos Úmidos, entre 1986 e 2000, em agricultura moderna mecanizada, os rendimentos das culturas tropicais soja e arroz foram mais do que duplicados e a produção de matéria seca

total por hectare foi multiplicada por 4 a 5, permitindo produzir duas culturas anuais de grãos em sucessão e também carne ou leite na estação seca, e ao mesmo tempo proteger totalmente o solo;

- Na ecologia das florestas tropicais do Centro-Oeste do Brasil, sobre latossolos oriundos de basaltos, com fortes declives, o plantio direto, em cultivo moderno e mecanizado, propicia a controle total da erosão, o acréscimo de 10 a 30% na produtividade do algodoeiro, a diversificação da produção, controlando a peste vegetal “tiririca” (*Cyperus rotundus*).

- Na eco-região subtropical de altitude das terras altas de Madagascar, local com erosão catastrófica, onde se pratica pequena agricultura familiar, manual e com tração animal, com insumos mínimos, a produtividade dos sistemas em PD é de 2 a 5 vezes superior à dos sistemas com preparo do solo para as culturas principais de milho, feijão e soja.

Em todas as grandes eco-regiões, qualquer que seja o tipo de agricultura, os sistemas em PD controlam totalmente a erosão e são sempre nitidamente mais lucrativos do que os sistemas com preparo do solo; as economias de mão-de-obra ou de máquinas e combustível são espetaculares, a favor do Plantio Direto (PD).

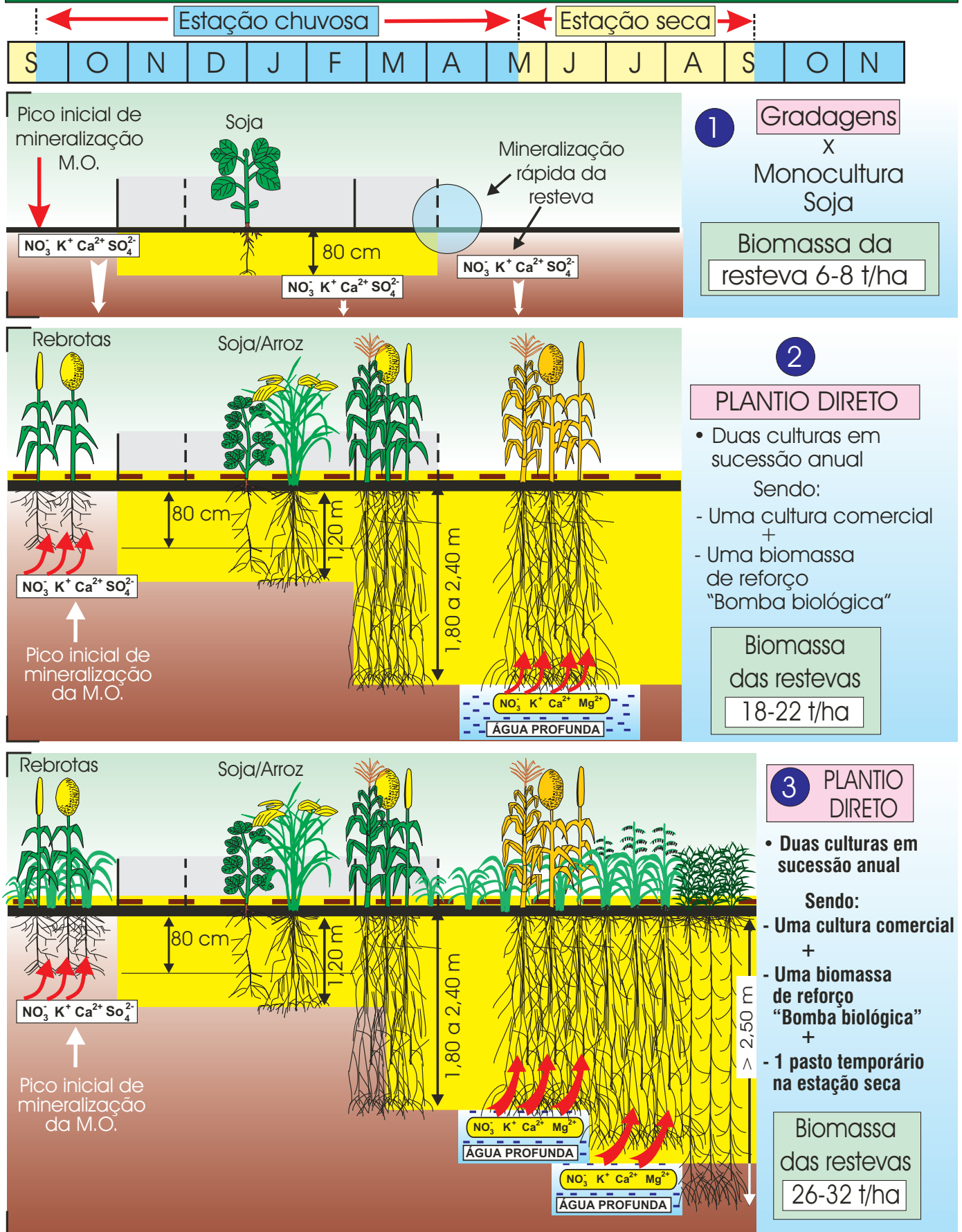
Estes resultados obtidos em eco-regiões muito diferenciadas evidenciam que o Plantio Direto na cobertura vegetal permanente do solo propicia maior produção, de modo mais estável, e mais limpo, dando uma parte crescente para a fertilidade de origem organo-biológica na capacidade do solo em produzir. Este tipo de agricultura que insere a noção de “biomassa anual”, “bomba biológica” como “reforço” das culturas comerciais, pode agir como armazenador líquido de CO₂ e não mais como produtor líquido.

Os efeitos benéficos na qualidade biológica dos solos, da água, podem ser muito rápidos, permitindo caracterizar esta atividade como despoluidora, e, nesse sentido, receber subsídios da sociedade civil por sua participação na limitação do efeito estufa, na preservação das paisagens, das infra-estruturas rurais e da fauna: “créditos-carbono” poderiam constituir um meio estimulador para sustentar o desenvolvimento agrícola nessa direção. Estes créditos poderiam ser modulados em função da capacidade dos manejos técnicos e dos sistemas de cultivo em seqüestrar o carbono, constituindo, então, argumentos decisivos na escolha dos agricultores.

Porém, estes cenários só serão reais e possíveis se os diversos atores do desenvolvimento, trabalhando de mãos dadas *in situ*, forem capazes de criar esses sistemas de cultivo do futuro, mais atuantes em, simultaneamente, seqüestrar o carbono, reciclar os nitratos e as bases, degradar os xenobióticos (*critérios dos cientistas e da sociedade civil*), e que satisfaçam os critérios de escolha da agricultura sustentável e os dos agricultores (*agronômicos e técnico-econômicos*).

A metodologia de Pesquisa-Ação apresentada neste documento permite responder às exigências de todos e conciliá-las. A modelização dos sistemas de cultivo leva, partindo dos sistemas vigentes, a construir para e com os produtores, nos seus ambientes, uma tipologia muito diversificada dos sistemas de cultivo possíveis e apropriáveis. Esta experiência mostra como nosso enfoque experimental leva a recolocar *in situ*, no quadro dos sistemas inovadores edificados com os agricultores, estudos tão fundamentais como os relativos à dinâmica do carbono, a eficiente reciclagem anual dos nitratos e das bases, a degradação dos xeno-bióticos, a biorremediação em geral.

FIGURA 25. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE CULTIVO, DA BIOMASSA DAS RESTEVAS E DA UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS - Ecologia dos cerrados e florestas úmidas do Centro-Norte do Mato Grosso - 1986/2000



FONTE: L. Séguy, S. Bouzinac, CIRAD-CA; A. Maronezzi, Agronorte - Sinop/MT - 2001

No decorrer do enfoque experimental praticado *in situ*, estas temáticas fundamentais são tratadas e confrontadas com as performances agrônômicas e técnico-econômicas dos sistemas de cultivo que poderão ser utilizados no futuro pelos produtores; assim, o impacto econômico da dinâmica do carbono, dos nitratos, das bases e dos xenobióticos, pode ser avaliado de modo preventivo. Portanto, é uma maneira de incorporar e tratar as exigências da sociedade civil e da ciência dentro da tipologia dos sistemas de cultivo, na prática mesmo das agriculturas regionais.

Esta experiência revela também a importância dos Trópicos Úmidos como “simulador excepcional” para o estudo científico da dinâmica do carbono: num clima com alta pluviometria em 7,5 a 8 meses, e com temperatura média muito elevada, as velocidades de reação dos processos fundamentais que comandam a dinâmica do carbono, mas também a lixiviação dos nitratos e das bases, são muito maiores do que em qualquer outro lugar, e permitem apreender a dinâmica, até a curtíssimo prazo, destes processos fundamentais de funcionamento. É um modo acadêmico e rigoroso de elucidar estes fenômenos, encurtando o espaço-tempo, portanto um auxílio precioso de modelagem para a pesquisa, que permitirá antever essas dinâmicas para as demais grandes eco-regiões do planeta onde a velocidade das reações é muito mais lenta.

As unidades operacionais de criação-difusão desses cenários de agricultura sustentável de amanhã estão organizados numa rede tropical e subtropical no CIRAD-CA. Este conjunto muito diversificado nos planos dos ambientes físicos e sócio-econômicos reúne uma malha de unidades operacionais de campo, monitoradas pela pesquisa com o apoio das agriculturas locais, que são laboratórios de vigília para a análise antecipada dos impactos dos sistemas em PD no ambiente e nos homens que o cultivam, e para a modelagem científica dos funcionamentos destes sistemas que estão em ligação direta com as realidades agrícolas regionais. Estas unidades, que pré-figuram os cenários da agricultura “limpa” de amanhã, estão muito adiantadas em relação aos cenários atuais de desenvolvimento e, portanto, constituem ferramentas preciosas de monitoramento da agricultura do futuro para conciliar as exigências da sociedade civil (*luta contra o efeito estufa, produtos alimentícios saudáveis*) e as dos agricultores (*agricultura sustentável e lucrativa, ao menor custo, num ambiente protegido e limpo*). A “Rede Plantio Direto sobre cobertura vegetal do CIRAD-CA”, que se estende a passos largos graças ao apoio da cooperação francesa (*FD, MAE, FFEM*), abrange a América Latina com o Brasil e o México, o Oceano Índico em Madagascar (*trabalhos de H. Charpentier, R. Michellon do CIRAD, ONGs Tafa e ANAE, FOFIFA e ONGs associadas*) e na Ilha da Réunion (*trabalhos de R. Michellon, A. Chabanne, J. Boyer, F. Normand, APR, DDA*), a Ásia com o Laos (*trabalhos de P. Julien, F. Tivet e pesquisa laociana*) e o Vietnã (*trabalhos de O. Husson, P. Lienard, S. Boulakia e pesquisa vietnamita*), e vai se abarcar para a África no início dos anos 2000 (*Tunísia já em andamento, Camarões, Mali, e Etiópia por vir*).

Esta rede pluri-ecológica de unidades experimentais “sistemas de cultivo em Plantio Direto” do CIRAD-CA é também um suporte de treinamento e formação para todos os atores do desenvolvimento e pode se tornar uma referência mundial (*diversidade das ecologias, dos sistemas de cultivo, do nível de domínio*), onde a pesquisa antecipa, cria os sistemas de amanhã, modela seu funcionamento, avalia e explica para a sociedade civil seus impactos nos ambientes físicos e humanos, antes deles serem adotados em grande escala. Este enfoque reencontra o princípio de precaução e a necessidade, que é sempre preferível, de prevenir do que remediar (*papel de laboratório de vigília, de aviso*).

5. LITERATURA CONSULTADA

- AMADO, T.J.; PONTELLI, C.B.; JÚNIOR, G.G.; BRUM, A.C.R.; ELTZ, F.L.F.; PEDRUZZI, C. Seqüestro de carbono em sistemas conservacionistas na Depressão Central de Rio Grande do Sul. In: REUNIÓN BIENAL DE LA RED LATINOAMERICANA DE AGRICULTURA CONSERVACIONISTA, 5., Florianópolis, 1999. p.42-43.
- BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **Eur. J. Soil Sci.**, v.47, p.151-163, 1996.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Till. Res.**, v.54, p.101-109, 2000.
- BORGES, G. Especial 10 anos – retrospectiva dos principais fatos que foram notícia. **Revisão Plantio Direto**, edição nº 59, 48p., Setembro/outubro de 2000.
- BOULAKIA, S.; MADJOU C.; SÉGUY, L. **Impacts de quelques itinéraires techniques de Semis Direct, comparés au travail du sol, sur des indicateurs fondamentaux de gestion de la fertilité sous climat équatorial**. Montpellier Cedex 5 France, 1999. p.34398. (Doc. Interne CIRAD, 11)
- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.58, p.123-130, 1994.
- CERRI, C.; FELLER, C.; BALESSENT, J.; VICTORIA, R.; PLENECASSAGNE, A. Application du traçage isotopique naturel en ¹³C à l'étude de la dynamique de la matière organique dans les sols - Comptes. **Rendus de L'académie des Sciences**, Paris, v.300, p.423-428, 1985.
- CHAUSSOD, R. La qualité biologique des sols – évaluation et implications. **AFES**, v.3, n.4, p.261-278, 1996.
- CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.425-432, 1999.
- DERHAM et al. **Enjeu des tanety pour le développement paysan en imerina**. FAFIALA ONG - ANTANANARIVO – MADAGASCAR 1995. 20p.
- DICK, W.A.; BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W.; PETERS, S.E.; CHRISTENSEN, D.R.; PIERCE, F.J.; VITOSH, M.L. Impacts of agricultural management practices on C sequestration in forest-derived soils of the eastern Corn Belt. **Soil & Till. Res.**, v.47, p.235-344, 1998.
- DOSS, D.D. ; BAGYARAJ, D.J.; SYAMASUNDAR, J. Morphological and histochemical changes in the roots of finger millet *Eleusine coracana* colonized by VA mycorrhiza. **Proc. India Natl. Sci. Acad.**, v.54, p.291-293, 1989.
- ELLIOT, E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.50, p.627-633, 1989.
- ESWARAN, H.; VAN DER BERG, E.; REICH, P. Organic carbon in soils of the world. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.57, p.192-194, 1993.

- FEBRAPDP - Federação brasileira de plantio direto na palha 2000. **Evolução da área de plantio direto no Brasil - dados estatísticos.** <http://www.agri.com.br/febrapdp/pd>.
- FELLER, C. La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Orstom, 1995. 393p. Tese (Doutorado) – Université Louis Pasteur, Strasbourg, França.
- FEYT, H., MENDEZ DEL VILLAR, P.; RAVOHITRARIVO, C.P.; RABENJANA HARY E. **ENQUÊTES - Études de la variabilité de la filière semences de FIFAMANOR dans le cadre du désengagement de l'état.** DOC FOFIFA - CIRAD - ANJANANARIVO – MADAGASCAR, 1999.
- IPCC. **Climate change 1995. Working group 1.** Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- KERN, J.S.; JOHNSON, M.G. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.57, p.200-210, 1993.
- LAL, R. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical Alfisol in Western Nigeria. II. Soil Chemical properties. **Soil & Till. Res.**, v.42, p.161-174, 1997.
- LAL, R. Soil management and restoration for C sequestration to mitigate the accelerated greenhouse effect. **Progress in Env. Sc.**, v.4, p.307-326, 1999.
- LAL, R.; LOGAN, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (eds.). **Soil management greenhouse effect.** Boca Raton: CRC Press, 1995. p.293-307.
- LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; WHITMAN, C. World soils and greenhouse effect: An overview. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (eds.). **Soils and global change.** Boca Raton: CRC Press, 1995. p.1-7.
- LOPES, A.S. **Solos sob Cerrado – características, propriedades e manejo.** Piracicaba: POTAFOS, 1984. 162p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Neutralização da acidez do perfil de solo por resíduos vegetais. **Informações Agrônomicas**, POTAFOS, n.92, Dezembro/2000.
- NEUFELDT, H.; AYARZA, M.A.; RESK, D.V.S.; ZECH, W. Distribution of water-stable aggregates and aggregating agents in Cerrado Oxisols. **Geoderma**, v.93, p.85-99, 1999.
- RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.
- REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W.; DOUGLAS Jr., C.L.; RASMUSSEN, P.E. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **J. Soil Water Cons.**, v.50, p.253-261, 1995.
- SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R. Plantio Direto – Recupera a matéria orgânica do solo e reduz a emissão de CO₂ para a atmosfera. **Revista Plantio Direto**, n. 59, setembro/outubro de 2000a. p.41-45.
- SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; LAL, R.; DICK, W.A.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.; FEIGL, B. Organic matter dynamics and sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 2000b.
- SÉGUY, L. **Contribution à l'étude et à la mise au point des systèmes de culture en milieu réel: petit guide d'initiation à la méthode de création-diffusion de technologies en milieu réel, - résumés de quelques exemples significatifs d'application.** France, Octobre 1994. 191p. (Doc. CIRAD)
- SÉGUY, L. **Les techniques de semis direct sur couvertures végétales dans la région des Hauts Plateaux de Madagascar.** Partie d'un document collectif sur Madagascar à paraître pendant l'année - 34398 Montpellier cedex 5 - France, 2001a. 100p. (Doc. CIRAD provisoire).
- SÉGUY, L. **Quelques éléments simples et utiles: à la compréhension de la démarche du CIRAD-CA en matière d'agroécologie - à la rédaction d'un projet scientifique SCV.** France, 2001b. 23p. (Document CIRAD).
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. **Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en Semis direct.** France, 1998b. 45p. (Doc. INTERNE CIRAD).
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S. **Rapports annuels de recherches sur les fronts pionniers du Mato Grosso. ZTH - 1992/2000.** (Doc. INTERNES CIRAD)
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. **Les plus récents progrès technologiques réalisés sur la culture du riz pluvial de haute productivité et à qualité de grain supérieure, en systèmes de semis direct. Ecologies des forêts et cerrados du Centre Nord de l'Etat du Mato Grosso.** Agronorte - Sinop-MT. France, 1998a. 4p.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. **Semis direct et résistance des cultures aux maladies.** France, 1998b. 4p. (Doc. CIRAD)
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A.C. **Systèmes de culture et dynamique de la matière organique.** France, 2001. 200p. (Doc. CIRAD).
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MAEDA, E.; MAEDA, N. Brésil: semis direct du cotonnier en grande culture motorisée. **Agriculture et développement**, n.17, Mars 1998c. p.3-23.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MAEDA, E.; MAEDA, N. Large scale mechanized direct drilling of cotton in Brazil. The ICAC Recorder. **Technical Information Section**, v.16, n.1, march 1998d. p.11-17.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MAEDA, E.; IDE M, A.; TRENTINI, A. La maîtrise de *Cyperus rotundus* par le semis direct en culture cotonnière au Brésil. **Agriculture et développement**, n.21, p.87, 1999.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TAFFAREL, W.; TAFFAREL, J. Méthode de défrichement préservant la fertilité du sol. In: **Bois et forêts des tropiques**, n.263, 1^o trimestre 2000. p.75-79.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; TRENTINI, A.; CORTEZ, N.A. L'agriculture brésilienne des fronts pionniers. **Agriculture et développement**, n.12, décembre 1996. p.2-61.
- TRIOMPHE, B. **Méthodes d'expérimentation agronomique en milieu paysan. Approche bibliographique. Collection Mémoires et travaux de l'IRAT 19.** CIRAD-CA, 1989. 223p.