ISSN 1678-1937

Comunicado Técnico 252

Aracaju, SE / Dezembro, 2024

Sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF): um modelo para agregação de renda e elevação da qualidade da agropecuária da Zona da Mata de Alagoas

Paulo de Albuquerque Silva[1], Walane Maria Pereira de Melo Ivo[2], Vanderlei Porfírio da Silva[3], Marcos Rezende[4], Adalberto dos Santos Silva[5], Cristina Loureiro Strehl[6]

[1] Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo, Rio Largo, AL. [2] Pesquisadora, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo, Rio Largo, AL. [3] Pesquisador, Embrapa Florestas, Colombo, PR. [4] Engenheiro Florestal, FLORAL/Veólia [5] Biólogo, FLORAL/Consultor técnico do Sebrae-AL. [6] Analista, Sebrae, Alagoas.

Introdução

A pecuária alagoana tem destaque na história e economia do estado, ocupando, atualmente, mais de 800 mil hectares e sendo praticada, em sua grande extensão, sob modelos de monocultivo. Fazer a agropecuária alagoana crescer e melhorar todos os seus índices de produtividade deve passar pela sustentabilidade econômica e ambiental, com a agregação de valor e melhoria da qualidade de produtos como o leite e a carne bovina. Uma das possibilidades disponibilizada aos produtores para isso é a utilização de modelos de intensificação sustentável, com o uso de sistemas integrados. Neste sentido, este documento tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e a evolução de um sistema ILPF, com os componentes eucalipto, milho, sorgo e forrageiras (braquiárias), na Zona da Mata de Alagoas, informando e recomendando práticas validadas, resultantes de atividades de pesquisa.

De acordo com o Zoneamento Agroecológico de Alagoas (ZAAL..., 2013), a cobertura vegetal nativa do estado foi removida em 70%, encontrando-se os 30% restantes suscetíveis à exploração de forma mais ou menos intensa pelo homem. Com relação às áreas antrópicas agrícolas, pode-se destacar que são ocupadas, principalmente, por pastagens, cana-de-açúcar, pequena agricultura (fruticultura, milho, feijão, fumo), que correspondem a 28,08%, 20,96% e 10,02% da área do Estado, até 2012, respectivamente. Observa-se, por estes números, que as pastagens ocupavam a maior área da cobertura vegetal, demonstrando a importância da pecuária entre os sistemas produtivos alagoanos. Ressalta-se que, nos anos de 2013 a 2015, devido à crise temporária no setor sucroalcooleiro, que levou ao fechamento de algumas usinas, o percentual de área ocupado pela cana-de-açúcar sofreu redução (IBGE, 2022), sendo esta cultura substituída por grãos (milho e soja), eucalipto (encostas) e pastagens.

Uma breve análise dos dados do IBGE, para o período de 2014 a 2019, mostra que áreas de cana-de-açúcar tiveram grande redução na região da Zona da Mata alagoana. Paralelamente, foi possível perceber o aumento do rebanho bovino nesta mesma região, indicando a mudança de uso do solo, com o crescimento da pecuária de corte. Nesta região, a área com eucalipto se expandiu em forma de florestas plantadas, demonstrando sua aptidão ao cultivo e indicando, assim, o potencial para a implantação de sistemas de integração como ILPF e Integração Pecuária Floresta (IPF). Em 2019, 45,5% do rebanho bovino alagoano encontrava-se na mesorregião leste do estado, 24,0% no sertão e 29,0% no Agreste (IBGE, 2022). Os bovinos inseridos na região da Zona da Mata alagoana são destinados, principalmente, à cadeia produtiva de corte, enquanto os bovinos existentes no semiárido são especializados e destinados, sobretudo, à cadeia produtiva do leite.

No que se refere ao eucalipto, em meados de 2013, o cultivo desta espécie começou a ser

Embrapa Tabuleiros Costeiros

implantado de forma expressiva em Alagoas. Adicionalmente, houve incentivo do Governo do Estado e da Federação das Indústrias do Estado de Alagoas (FIEA), visando ao uso do eucalipto para geração de biomassa energética para olarias, fábricas de gesso e usinas; além de produção de estacas, móveis e uso na construção civil. Todo este planejamento relacionado ao eucalipto foi feito, prioritariamente, com a visão de sistemas de produção em monocultivo. Nos últimos anos, a perspectiva de produção do eucalipto em sistemas de integração começou a ser discutida no estado. Tal perspectiva traz uma importante oportunidade para a implantação de tecnologias aderentes à "descarbonização da agropecuária". No Nordeste, a adoção de sistemas de integração ocorre de forma discreta, porém, o interesse tem aumentado bastante. Em função desta demanda e da visão estratégica do grupo de pesquisa que trabalha com ILPF no Nordeste, a Embrapa realizou em 2019, vários eventos no tema "ILPF no Nordeste: aprendizados e desafios", tendo como parceiros, em Alagoas, a FIEA e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae-AL). A partir das discussões nos eventos, foi levantada a demanda de uma capacitação continuada em ILPF para agentes públicos de assistência técnica e extensão rural e consultores privados, o que possibilitou a implantação de Unidades de Referência Tecnológicas (URTs) com sistemas silvipastoris, em municípios na Zona da Mata alagoana. Tais ferramentas de transferência de tecnologias, produtos, processos e conhecimento surgem com o objetivo de capacitar profissionais para atender às cadeias produtivas da pecuária alagoana e como resposta ao interesse dos produtores em conhecer esses sistemas de inovação no campo.

Caracterização pedoclimática da Zona da Mata de Alagoas

Solos

De acordo com o levantamento de solos do Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas, a distribuição espacial dos solos do estado apresenta-se relacionada à diversidade de ambientes contidos nos 27.767 km^2 de área do estado (Zaal, 2013) (Figura 1). Os solos de maior expressão geográfica em Alagoas são os Argissolos (Figura 1), com abrangência de 34,5% da área do estado. Ocorrem significativamente na região úmida (Zona da Mata), que abrange o ambiente dos Tabuleiros Costeiros, os Mares de Morros, onde localiza-se a URT apresentada neste documento, bem como importantes áreas de influência do Planalto da Borborema.

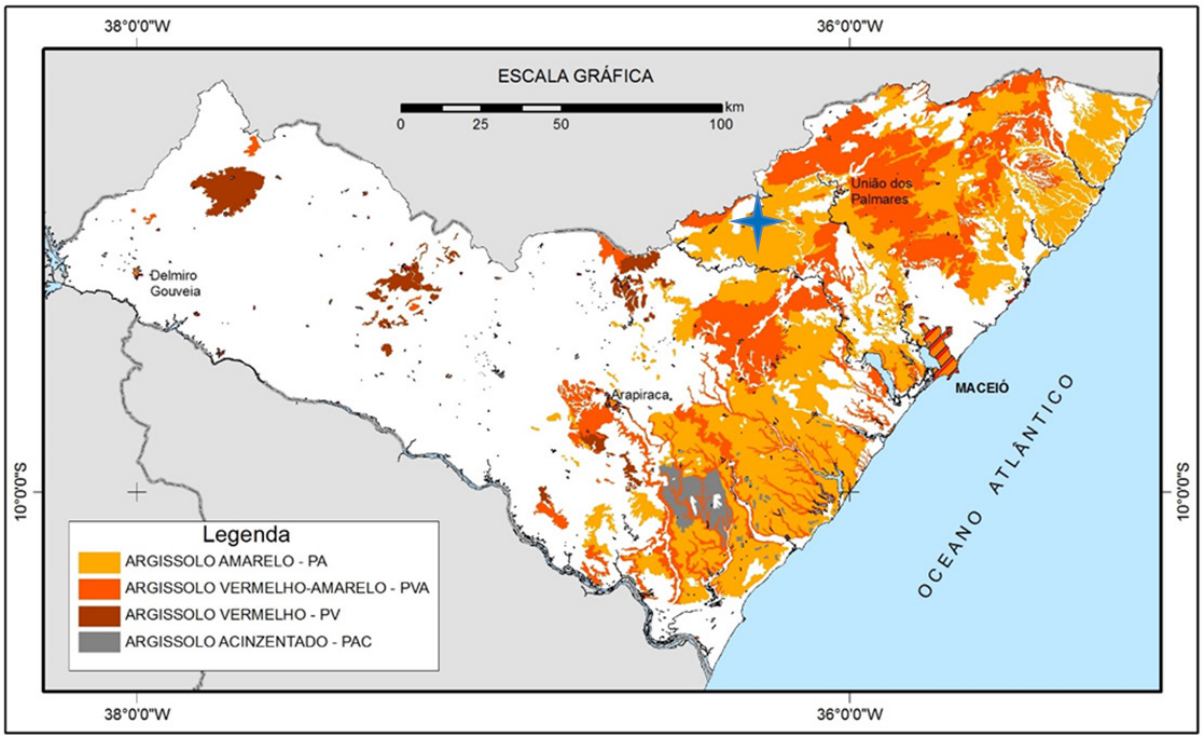

Figura 1. Abrangência da classe dos Argissolos, no estado de Alagoas (ZAAL, 2013), com localização da URT com ILPF (✦), no município de Chã Preta, AL.

No ambiente dos Tabuleiros Costeiros, onde se destacam os Argissolos Amarelos coesos, seu principal uso está relacionado à cultura da cana-de-açúcar e, mais recentemente, à pecuária e aos grãos, podendo apresentar um bom potencial, também, para fruticultura em geral. Nas áreas dos Tabuleiros Interioranos, entre Palmeira dos Índios, Estrela de Alagoas e Arapiraca, o potencial é para culturas diversificadas, com ou sem irrigação, além da pecuária de bovinos e caprinos. Também com ocorrência no leste, além do Agreste do estado, aparecem os Latossolos com abrangência de 10,2% da área (ZAAL, 2013). Seu principal uso é a cana-de-açúcar na Zona da Mata e a pequena agricultura no Agreste.

Como principal limitação para estas duas classes de solos, temos a baixa fertilidade natural. Devido ao avançado grau de intemperismo, esses solos são forte a moderadamente ácidos e relativamente pobres de bases trocáveis. Em algumas áreas, o endurecimento dos solos que apresentam a coesão natural e o relevo movimentado também podem se apresentar como limitantes. As características mais favoráveis ao uso agrícola são as boas condições de drenagem, a grande profundidade do contato lítico e o baixo risco de salinização, além da topografia plana em extensas áreas. Por serem solos quimicamente pobres, necessitam de adubação e correção da acidez, para obtenção de boas produtividades (ZAAL, 2013).

Do ponto de vista do cultivo do eucalipto em sistemas silvipastoris, são as duas classes de solos descritas acima as que devem ser consideradas, uma vez que a região de maior aptidão ao cultivo desta espécie florestal é o leste do estado, principalmente em função da disponibilidade hídrica nesta área e da ocorrência de solos mais profundos.

As limitações químicas, como a baixa fertilidade natural dos Argissolos e Latossolos relatadas acima, podem ser superadas com práticas como calagem, gessagem e adubação. A prática de adubação das pastagens é muito pouco utilizada na região de pecuária de Alagoas, com as forrageiras podendo ser bastante beneficiadas com o uso de sistemas integrados como ILPF, onde a adubação do grão pode ser feita visando a melhoria do solo no ciclo da pastagem. Neste sentido, mesmo solos com maiores limitações de uso e manejo têm sido utilizados, principalmente pelos avanços nos sistemas de produção e nas práticas agrícolas, com destaque para, dentre outros, a integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta. Do ponto de vista das limitações físicas relacionadas à coesão e à compactação dos solos, práticas como a subsolagem e o uso de gramíneas com sistema radicular denso, em consórcio com o componente da lavoura nos sistemas de integração, devem levar à superação de tais limitações, além de aumentar a produtividade da lavoura, principalmente em anos de déficit hídrico (Salton; Tomazi, 2014; Pacheco et al., 2020). Além da possibilidade da superação das limitações dos solos, com aumento do seu capital natural (estoques de nutrientes, conteúdo de água, organismos do solo etc), numa visão mais abrangente dos sistemas de ILPF, é importante destacar as possibilidades da prestação de serviços ecossistêmicos nas áreas dos produtores como por exemplo: serviços de provisão (alimentos, madeira, fibras e suporte animal) e serviços de regulação (mitigação de enchentes, filtragem de nutrientes e contaminantes, armazenamento de carbono e regulação de gases, regulação de pragas e doenças etc).

Clima

Ainda tomando como base o Zoneamento Agroecológico de Alagoas (ZAAL, 2013), em termos de clima, observa-se que o estado, em função do seu posicionamento na região Nordeste, entre os meridianos 35°09'W e 38°13'W e os paralelos 8°48'S e 10°29'S, tem como principais características climáticas a irregularidade da precipitação pluviométrica e a pouca variação sazonal na radiação solar, no fotoperíodo e na temperatura do ar. Em todo o estado não há grandes oscilações na temperatura média do ar, variando, no litoral, entre 23 °C e 28 °C e, no Sertão, entre 17 °C e 33 °C.

De acordo com a classificação de Köppen, toda a metade oriental do Estado possui clima do tipo As', isto é, tropical quente com chuvas de outono/inverno, com precipitação pluviométrica entre 1.000 a 1.500 mm. Porém, parte da Zona da Mata Norte, próxima à divisa com o estado de Pernambuco, possui clima Ams', tropical com chuvas de outono a inverno e médias pluviométricas anuais entre 1.500 mm a 2.200 mm (Figura 2). É para estas regiões que se propõe a utilização dos sistemas silvipastoris com uso do eucalipto como espécie florestal. As menores precipitações pluviais na região ocorrem nos meses de outubro, novembro e dezembro, comprometendo a produção vegetal e reduzindo o bem-estar animal, devido à elevação da temperatura pela maior incidência da radiação solar, o que reforça a necessidade de sombreamento para os animais. De acordo com o Atlas de Radiação Solar Brasileiro (Pereira et al., 2017), os valores de irradiação chegam aproximadamente a 5.000 Wh/m²/dia, no mês de setembro, passando

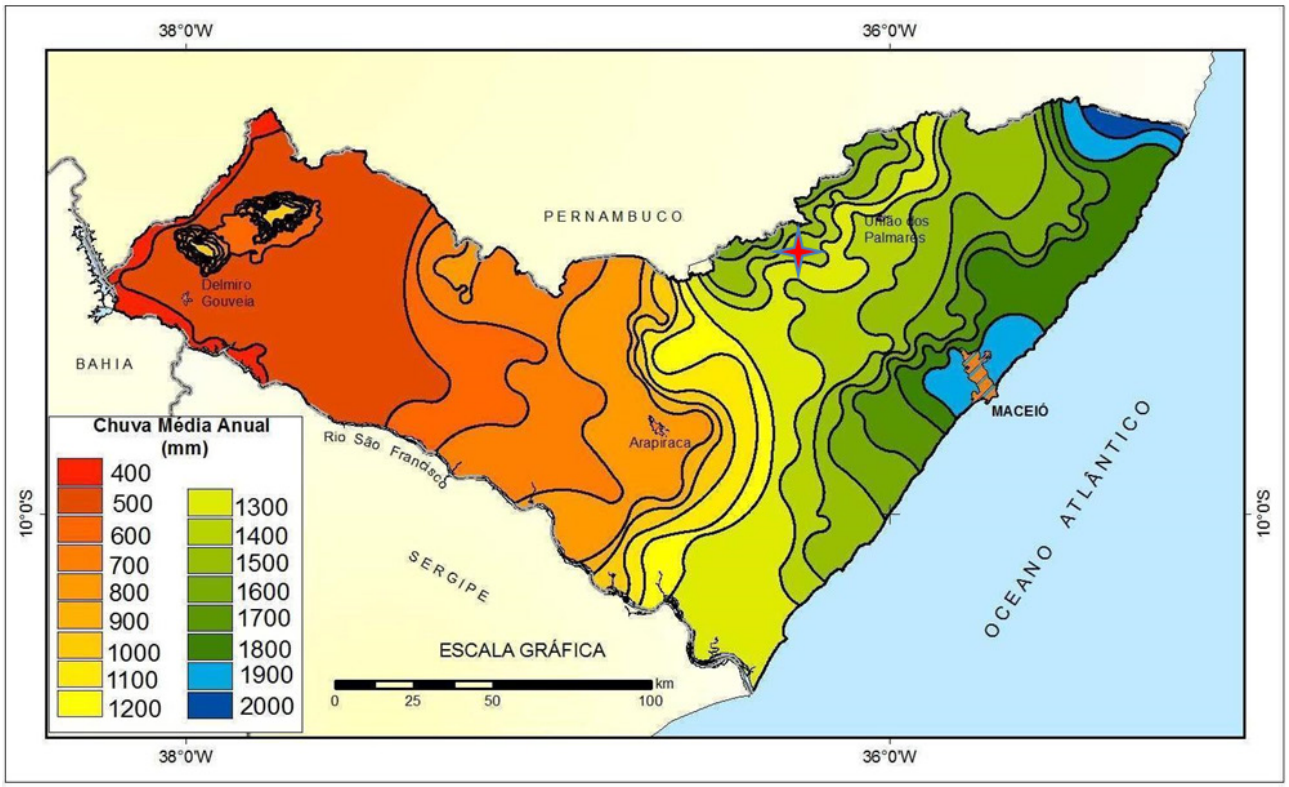

Figura 2. Precipitação média anual de ocorrência no estado de Alagoas (ZAAL, 2013), com localização da URT com ILPF (✦) no município de Chã Preta.

a 3.750 Wh/m²/dia em julho. Conforme as informações contidas no SIDAGRO (2024), no caso do gado bovino, estudos empíricos têm demonstrado que o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é um bom indicador da condição de (des)conforto térmico a que o animal está sujeito; sendo aspecto importante a ser modificado com a inserção do componente florestal nos sistemas de produção de pecuária de leite e corte de Alagoas.

Implantação do sistema ILPF

A implantação da URT-ILPF foi iniciada em 2021, na Fazenda São Sebastião do Bonito, no municipio de Chã Preta, em Alagoas. Situada na Microrregião Serrana dos Quilombos, Zona da Mata alagoana, com coordenadas 9°17'41,1"S e 36°16' 25,0"W, a 460 m de altitude. O clima da região é do tipo tropical chuvoso com verão seco, sendo a precipitação média anual de 1.309,9 mm (Mascarenhas et al., 2005). No período de avaliação tivemos uma pluviosidade de 1.265 mm para o ano de 2021 e 2.215 mm para o ano de 2022. O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo.

A área selecionada possui 3,5 hectares, dentro de piquete de 9,0 hectares, que foi convertido ao sistema ILPF (Figura 3). A cobertura vegetal da área caracterizava-se por um pasto degradado com presença de diferentes espécies forrageiras, com predominância de Sempre Verde (*Panicum maximum*) e braquiárias (*Brachiaria* spp.), além de espécies herbáceas e arbustivas infestantes (Figura 4). Assim, a primeira intervenção foi a dessecação em área total com o uso do herbicida glifosato, na dose de 3 $L.ha^{-1}$. Em seguida, procedeu-se à correção do solo, com a aplicação de 2,0 $t.ha^{-1}$ de calcário dolomítico. Para a incorporação do calcário e nivelamento do terreno, foram realizadas duas gradagens.

Figura 3. Área antes da implantação (à esquerda), com marcação de curvas de nível, e 2 anos após o inicio da transição para ILPF (à direita), no município de Chã Preta, AL.

Fonte: Google Earth

Foto: Adalberto Silva

Figura 4. Condição da área antes do início da transição para ILPF e da aplicação de herbicida em área total, no município de Chã Preta, AL, abril de 2021.

A implantação da área foi iniciada com a marcação das curvas de nível, coveamento e plantio das mudas do clone de eucalipto I-144 (híbrido de *Eucaliptus urophyla* x *E. grandis*). As mudas foram adquiridas de viveiro credenciado no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), com sede no Espírito Santo. O arranjo espacial utilizado foi de 16 m entre linhas e 3 m entre plantas, totalizando 208 plantas por hectare. Para as recomendações de adubações na transição de uso do solo de pastagem permanente para sistema de ILPF, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm.

Para a adubação de plantio do eucalipto foram utilizados dados de fertilidade da área e as necessidades nutricionais da cultura estabelecidas por Novais et al. (1990). Foram utilizados 180 g por planta do formulado de NPK (6-30-6). Aos 90 e 360 dias foram realizadas adubações de cobertura com 240 g/planta do formulado de NPK 14-00-18. Ambas as formulações utilizadas eram enriquecidas

com 0,5% de boro; 1% de zinco e 1% de cobre. Para a escolha das espécies do componente lavoura, foram consideradas a pecuária como atividade principal da propriedade e a necessidade de armazenamento de alimento para período de seca. Assim, foram plantadas duas espécies tradicionais na produção de silagem: o sorgo e o milho.

As variedades de milho e sorgo foram disponibilizadas pelo produtor que já tinha histórico de uso, com boa adaptabilidade e produtividade na região. Foram utilizadas as variedades de Biomatrix BM 270 Pro2 para o milho e AGN10S20 para o sorgo. Com base na análise de solo e estimativa da exportação de nutrientes, foi utilizada a seguinte adubação para as duas lavouras: 120 kg de N. ha^{-1}, sendo 20 $kg.ha^{-1}$ em fundação e 100 $kg.ha^{-1}$ em cobertura. O fósforo e potássio foram fornecidos em fundação, nas doses de 40 kg de $P.ha^{-1}$ e 80 Kg de $K.ha^{-1}$.

O plantio foi feito utilizando-se plantadeira convencional de três linhas (Figura 5) com espaçamento ajustado de 0,80 m entre linhas e regulagem para a população de 65.000 $plantas.ha^{-1}$ de milho (Figura 6) e 120.000 $plantas.ha^{-1}$ de sorgo.

A fim de acompanhar a evolução das caracteristicas fisico-químicas do solo no sistema, após o plantio do eucalipto e a colheita dos grãos, uma coleta mais detalhada foi realizada. Amostras de solos foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

No momento da adubação de cobertura do milho, aos 25 dias após o plantio, foi observada uma grande infestação de plantas invasoras, sendo necessária uma segunda aplicação de glifosato na dose de 3 $L.ha^{-1}$. Após 5 dias da segunda dessecação, foi feita a sobressemeadura com 15 $kg.ha^{-1}$ de sementes revestidas de *Brachiaria ruziziensis*, para formação da pastagem. A pastagem foi quantificada 120 dias após a colheita do milho e do sorgo.

Fotos: Paulo Silva

Figura 5. Marcação das linhas de plantio do eucalipto (à esquerda) e plantio de milho e sorgo em área de ILPF (à direita), no município de Chã Preta, AL, maio de 2021.

Fotos: Paulo Silva

Figura 6. Desenvolvimento inicial da lavoura e do eucalipto em sistema ILPF, no município de Chã Preta, AL.

Fotos: Paulo Silva

Figura 7. Aspectos do desenvolvimento inicial da *Brachiaria ruziziensis*, sobressemeada no milho, e da pastagem estabelecida, após 60 dias da colheita da lavoura, em sistema ILPF, no município de Chã Preta, AL.

Em agosto de 2021, quando a linha que delimita a parte farinácea da fase pastosa do grão (linha do leite) do milho atingiu aproximadamente 2/3, e a matéria seca da planta alcançou aproximadamente 32%, foi promovida a colheita e quantificação da biomassa para produção de silagem, sendo mantidas parcelas para finalizar a maturação e calcular a produtividade de grãos. Para o sorgo, o ponto de colheita para a produção de silagem foi determinado quando os grãos passaram do estádio pastoso para o farináceo, com matéria seca de aproximadamente 35%. Após a colheita, a pastagem seguiu seu desenvolvimento e a sua biomassa foi quantificada 90 dias após a colheita do milho para forragem. No segundo ano, a fim do estabelecimento de diferentes possibilidade de arranjos de produção, também foram avaliadas algumas parcelas dentro de área de ILPF para a implantação de uma segunda safra de grãos, a qual foi conduzida como descrito para o primeiro ano.

Em janeiro de 2022, iniciaram-se as avaliações de desenvolvimento do eucalipto. Foram medidas a altura (H) e o diâmetro do tronco na altura do peito (DAP) em 20% das árvores, além do levantamento da população. A estimativa do volume de madeira acumulado por árvore (V) foi calculada pela equação $V=\pi$ (DAP)2 /4 x H x 0,48. A partir desses valores, foi obtida a produtividade da madeira, por hectare. Aos onze meses de desenvolvimento das árvores, no inicío das chuvas na região, quando as árvores apresentavam em média 6 cm de DAP foram introduzidos bezerros na área equivalente a 2,0 UA.ha^{-1}. Não foram observados danos significativos às árvores de eucalipto.

Benefícios da adoção do sistema ILPF

Benefícios agronômicos

Atributos químicos do solo

Os sistemas ILPF têm como vantagem a intensificação sustentável de uso da terra. Isto permite que aspectos relacionados à mudança de uso do solo e às culturas em rotação, dentro dos sistemas de produção, influenciem outras culturas em sucessão. Neste sentido, atributos do solo relacionados à sua fertilidade podem ser bastante alterados, funcionando como bons indicadores de sustentabilidade. No presente estudo, foi selecionada uma área, sob vegetação nativa de Mata Atlântica, como referência para os níveis originais de fertilidade do solo (Tabela 1). Sob esta vegetação, o solo apresentou, até os 20 cm de profundidade, elevados teores de magnésio, cálcio e potássio, consequência do acúmulo superficial de material orgânico e da influência do material de origem do mesmo. A matéria orgânica do solo também foi mais elevada. O elemento naturalmente mais limitante, pelos níveis mais baixos no solo sob mata ou pastagem sem adubação, foi o fósforo, com 1,9 a 8,2 mg kg^{-1} (mata) e 7,0 a 11,0 mg.kg^{-1} (pasto) (Tabela 2).

Tabela 1. Características químicas do solo sob vegetação nativa (Mata Atlântica), no município de Chã Preta, AL.

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efetiva	CTC total	MO	V	m
cm		.....(mg/dm³).....				.....(cmolc/dm³).....				g/kg	(%)	(%)
0-5	5,6	8,2	121,0	8,7	2,7	0	4,8	11,7	16,5	57,6	70	0
5-10	5,7	4,0	89,8	4,4	2,3	0	3,2	6,0	10,6	27,4	65	0
10-20	5,6	1,9	37,0	3,0	1,8	0	3,6	4,8	8,5	17,0	57	0

Tabela 2. Características químicas do solo utilizadas para recomendação de adubação dos componetes do sistema ILPF, no município de Chã Preta, AL.

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efetiva	CTC total	MO	V	m
cm		.....(mg/dm³).....				.....(cmolc/dm³).....				g/kg	(%)	(%)
0-20	5,5	11	210	1,3	1,5	0,1	4,9	3,5	8,3	25,5	40	4

A primeira amostragem na área da URT (Tabela 2) foi conduzida com o objetivo de se fazer a recomendação de adubação para as culturas do milho e do sorgo, e traz as características do solo antes da correção com o uso de calcário e da adubação realizada para os grãos. Os aspectos que merecem destaque são os níveis mais baixos de fósforo, a baixa saturação por bases (40%), os níveis naturalmente elevados de potássio do solo e a relação Ca:Mg mais estreita. Com a mudança de uso do solo e a implantação de sistema ILPF, após o plantio do eucalipto e a colheita do componente lavoura, detectou-se a elevação dos níveis de P no solo até 40 cm (27,5 a 14,0 mg. kg^{-1}), o aumento do pH e da saturação de bases (Tabelas 2 e 3); o que influenciou as altas produtividades do milho e sorgo (Tabela 4) e também deverá refletir no desenvolvimento da pastagem. A importância deste aspecto reside no fato de que, frequentemente, os pecuaristas em Alagoas não realizam adubações em áreas de pastagem; e, com o uso dos sistemas integrados, essa prática deve ser assimilada, o que levará ao aumento de produtividade das forrageiras e elevação da disponibilidade de alimento para os animais.

Neste sentido, é recomendável começar as práticas de manejo antes do início do processo de degradação das pastagens, para a obtenção de produtividades satisfatórias. Isso pode ser feito por meio do manejo animal, especialmente ajustando as taxas de lotação e modificando o manejo da pastagem, ou por meio de práticas culturais como calagem, gessagem e aplicação de fertilizantes. Dessa forma, até um certo grau de degradação, o declínio na produção das pastagens pode ser interrompido e a produtividade pode ser mantida com ações mais simples, diretas e de baixo custo (Macedo; Araújo, 2014). No programa Mais Pasto, conduzido pela Federação da Agricultura de Alagoas (FAEAL), o qual trata do uso de adubação das pastagens e manejo da entrada e saída dos animais dos piquetes, houve incremento de 40% da carga animal média (UA.ha^{-1}), em relação à média alagoana, que é de 0,64 UA.ha^{-1}.

Produção agrícola na URT - ILPF

Para os componentes da lavoura, foram obtidas vantagens produtiva (Tabela 4) e financeira (Tabela 5) com o uso do milho em sistema integrado. A produtividade de biomassa de milho para silagem na safra 2021 atingiu valores elevados com média de 59,8 t.ha^{-1} de massa fresca e 16,6 t.ha^{-1} de massa seca, beneficiada pelo uso da alta tecnologia e pela pluviosidade bem distribuída durante o ciclo da cultura (Figura 8). No segundo ano (2022), foi observado um excesso de chuva, principalmente no mês do plantio, afetando negativamente a plantabilidade e, por consequência, provocando uma diminuição da produtividade, com média de 39,7 t.ha^{-1} de massa fresca e 8,8 t.ha^{-1} de massa seca. A produtividade de grãos de milho também foi impactada diretamente pela pluviosidade do ano de produção, atingindo valores excepcionalmente altos, quando comparados aos valores médios de produção da região, que é de 1.400 kg.ha^{-1} (IBGE, 2022). Para o primeiro ano foi obtida média de produtividade de 9.700 kg.ha^{-1} e, na segunda safra, 7.740 kg.ha^{-1}. Devido à grande dificuldade de manejo das plantas invasoras observada na lavoura do sorgo, para aquele ambiente de produção específico, a cultura foi avaliada apenas no primeiro ano de plantio, quando alcançou produtividades de 19,1 t.ha^{-1} de massa fresca e 5,4 t.ha^{-1} de massa seca. Para a adoção do sorgo no ILPF, recomenda-se uma especial atenção ao manejo prévio, direcionado ao banco de sementes do solo, reduzindo a infestação e facilitando o controle de plantas daninhas, após a emergência da cultura.

Tabela 3. Características químicas do solo sob sistema ILPF, no município de Chã Preta, AL, após cultivo de grãos.

Profundidade	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efetiva	CTC total	MO	V	m
cm		.....(mg/dm³).....		.....(cmolc/dm³).....						g/kg	(%)	(%)
0-5	6,2	27,5	119	1,9	1,5	0	3,1	3,7	6,8	35,6	54	0
5-10	6	23	88,7	2,3	1,8	0	3,2	4,4	7,6	35,1	57	0,3
10-20	5,7	14	96	1,5	1,5	0,1	3,4	3,3	6,6	28,1	48	3
20-30	5,2	10,7	95,3	0,8	0,8	0,3	4,6	2,2	6,5	21,7	29	15,3
30-40	5,2	10	109	0,7	0,7	0,3	4,2	2	5,9	15,9	29	14,3
40-60	5,2	1,2	136	0,8	0,7	0,3	4	2,2	5,9	12,3	33	14,3
60-80	5,1	1	148	1	0,9	0,2	3,4	2,5	5,7	8,1	39	10
80-100	5,1	1	108	1,1	1,1	0,4	3,5	3	6,1	8,8	43	14,3

Tabela 4. Produtividade de biomassa verde e seca para silagem de milho e sorgo, na Unidade de Referência Tecnológica de ILPF, município de Chã Preta, AL.

	Cultura	Massa verde (t.ha^{-1})	Massa seca (t.ha^{-1})	Grãos (kg.ha^{-1})
Ano 1	Milho	59,8	16,6	9.700
	Sorgo	19,1	5,4	
Ano 2	Milho	39,7	8,8	7.740

A lavoura no período de implantação do sistema ILPF proporcionou um elevado retorno financeiro, sendo um importante fator de viabilidade da tecnologia. O milho e o sorgo permitem a ocupação da área com produção, até que seja possível a entrada dos animais, promovendo sua a segurança alimentar com a disponibilização de alimento na forma de silagem, em períodos de seca. No primeiro ano de implantação, a renda das lavouras permitiu a amortização do investimento e ainda trouxe retorno financeiro, que variou, por hectare, de R$ 609,00 para o sorgo a R$ 10.214,00 para a silagem de milho (Tabela 5). No segundo ano, mesmo em condição ambiental menos favorável, houve uma rentabilidade expressiva para o milho com margem bruta de R$ 6.118,00 para o milho silagem e R$ 4.116,00 para o grão.

Tabela 5. Margem bruta por hectare no primeiro e segundo ano de implantação da área com eucalipto, milho, sorgo e pastagem. Chã Preta, AL.

Ano	Fontes de renda	Custos (R$)	Receita (R$)*	Pastagem custo (R$)	Eucalipto custo (R$)	Margem bruta (R$)
1	**Milho Silagem 2021**	2.942,00	15.000,00	705,00	1.139,00	**10.214,00**
1	**Milho Grão 2021**	2.942,00	9.982,00	705,00	1.139,00	**5.196,00**
1	**Sorgo Silagem 2021**	2.297,00	4.750,00	705,00	1.139,00	**609,00**
2	**Milho Silagem 2022**	2.702,00	10.000,00	705,00	475,00	**6.118,00**
2	**Milho Grão 2022**	2.702,00	7.998,00	705,00	475,00	**4.116,00**

* Considerando o preço médio regional da tonelada da silagem e da saca de milho em setembro de 2024.

Fotos: Walane Ivo

Figura 8. Quantificação da produção da biomassa aérea e de grãos de milho em sistema ILPF no município de Chã Preta, AL, 2021.

Para o componente florestal, foi observada uma baixa mortalidade de plantas com taxas de perda de 3,37%, medida no terceiro ano da implantação, registrando-se, em média, perda de sete plantas/ha. O eucalipto não afetou a produtividade de grãos e da biomassa aérea nas duas safras avaliadas. O pequeno porte das árvores no primeiro ano não provocou nenhum nível de sombreamento que causasse competição com as culturas de grãos e pastagem. Os bezerros foram introduzidos na área um pouco antes que o fuste das árvores estivesse com média de 6 cm de Diâmetro na Altura do Peito (DAP), como recomendado por Balbinot et al. (2015) para sistemas integrados com animais. Não foram observados danos significativos nas árvores de eucalipto em função do pequeno porte dos animais introduzidos (Figuras 9 e 10). No segundo ano de desenvolvimento das árvores, quando alcançaram uma altura média de 9,38 m, a incidência luminosa da região foi suficiente para evitar perdas provocadas por sombreamento. O volume de madeira acumulado pelo eucalipto em 24 meses foi de 5,43 $m^3.ha^{-1}$ (Tabela 6), bem superior às médias obtidas por Franchini et al. (2011) no Paraná que obteve 2,176 $m^3.ha^{-1}$, demonstrando a aptidão da região a cultura. Ainda, no segundo ano de cultivo, problemas relacionados ao manejo da aplicação de herbicida a base de 2-4 D + Picloran, no sistema integrado, induziu o florescimento do eucalipto, levando à redução no desenvolvimento das árvores. Ainda assim, as árvores acumularam um volume de madeira de 14,69 $m^3.ha^{-1}$, aos 36 meses do plantio. No período de avaliação, não foi quantificada a margem bruta obtida com o eucalipto, visto que o volume produzido ainda não estava adequado para uso no mercado.

Tabela 6. Dados referentes ao desenvolvimento do clone de eucalipto I-144 (híbrido de *Eucaliptus urophyla* x *E. grandis*), em três anos de cultivo em sistema ILPF, no município de Chã Preta, AL.

Data de avaliação	Densidade de plantas (plantio)	Densidade de plantas (atual)	Falha média	Altura	Diâmetro médio	Volume de madeira por árvore	Volume de madeira
	plantas.ha^{-1}		%	m		(m^3)	($m^3.ha^{-1}$)
Junho/2022	208	203	2,4	5,175	0,051	0,01	1,03
Maio/2023	208	203	2,4	9,382	0,087	0,03	5,43
Agosto/2024	208	201	3,4	12,608	0,124	0,07	14,69

Fotos: Paulo Silva

Figura 9. Vista da área aos 24 meses de desenvolvimento de sistema ILPF, no município de Chã Preta, AL.

Fotos: Paulo Silva

Figura 10. Vista da área aos 24 meses de desenvolvimento de sistema ILPF no município de Chã Preta, AL.

Componente forrageiro

Para a condução inicial do ILPF, optou-se pela introdução da *B. ruziziensis*. Essa escolha se deu devido à opção do manejo com duas safras de grãos, antes da entrada dos animais. A espécie, além de promover uma excelente cobertura de solo e alta produção de biomassa, é muito sensível ao controle químico, sendo facilmente dessecada para o plantio da segunda safra. Além de um importante componente para o Sistema de Plantio Direto, a *B.ruziziensis* ainda possui alta palatabilidade para os animais, podendo ser uma alternativa para a formação de pastagem em sistemas integrados. No primeiro ano de desenvolvimento, aos 90 dias após a colheita do milho a produtividade de biomassa da forragem foi quantificada, obtendo-se uma média de 8.490 kg.ha^{-1} de matéria seca.

Com a evolução do sistema, foi observada, também, a necessidade de novas forrageiras mais produtivas e adaptadas à região com foco em sistemas integrados. Para este fim, foi implantada, paralelamente,uma Unidade de Observação (UO) composta por dez variedades, sendo cinco de *P. maximum* (BRS Zuri, BRS Quênia, BRS Tamani, Mombaça e Massai), quatro de *B. brizantha* (BRS Ipyporã, BRS Paiaguás, BRS Piatã, Marandu) e uma de *Andropogon gayanus* (BRS Sarandi), materiais disponibilizados pelo Programa de Melhoramento Genéticos de Forrageiras da Embrapa Gado de Corte (Campo Grande, MS). As colheitas das dez variedades foram feitas quando a altura de corte recomendada foi atingida (Figura 11). O levantamento de dados das produtividades durante o ano permitiu a observação do comportamento sazonal das gramíneas forrageiras avaliadas, sendo possível observar que na produtividade anual a Mombaça com 14.853 kg.ha^{-1} e Paiaguás com 14.791 kg.ha^{-1} obtiveram as maiores produtividades. Já a Tamani apresentou a menor produtividade na região, com 7.855 kg.ha^{-1}. Vale ressaltar que o custo de manutenção das pastagens com adubação varia com as espécies, sendo as espécies de Panicum muito mais exigentes em nutrientes, em comparação com as braquiárias. A variedade Sarandi não se adaptou ao ambiente de produção, rebrotando irregularmente após o quarto corte (Tabela 7), o que facilitou o aparecimento de plantas infestantes.

Tabela 7. Produtividade de espécies forrageiras em Unidade de Observação no município de Chã Preta, AL.

Variedades	Outubro/2023	Janeiro/2024	Março/2024	Maio/2024	Julho/2024	Total
			kg.ha^{-1}			
Mombaça	**3.621**	1.841	3.903	2.440	3.049	**14.854**
Paiaguás	**3.307**	1.909	3.518	4.904	1.153	**14.791**
Marandu	**2.812**	2.065	3.668	3.700	1.057	**13.302**
Sarandi	**2.809**	2.035	1.764	6.494	0	**13.103**
Zuri	**3.643**	1.491	2.348	2.512	2.675	**12.670**
Piatã	**3.172**	1.207	2.771	4.152	1.157	**12.460**
Massai	**2.801**	1.506	2.792	2.474	2.207	**11.780**
Ipyporã	**2.046**	439	1.399	3.727	1.003	**8.614**
Quênia	**2.879**	1.307	1.047	1.558	1.625	**8.416**
Tamani	**1.819**	955	1.582	1.783	1.715	**7.855**

Fotos: Paulo Silva

Figura 11. Vista geral da Unidade de Observação de forrageiras e quantificação da biomassa produzida. Chã Preta, AL.

Custos de produção do sistema ILPF

Para facilitar a decisão do produtor sobre a implantação de um sistema de ILPF, a tabela a seguir apresenta os itens de dispêndio relacionados à área da URT, nos dois anos de condução do sistema ILPF (Tabela 8). Os valores devem ser atualizados no momento da implantação, levando-se em consideração os custos e preços de insumos locais.

Tabela 8. Custo de produção por hectare, da implantação e da condução de um sistema de ILPF com eucalipto, dois componentes de lavoura e pasto no município de Chã Preta, AL.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R$)	Valor Total (R$)
Milho no primeiro ano				
1. Insumos				
Calcário dolomítico (posto na fazenda)	t	2	120,00	240,00
Adubo	kg	400	2,50	1.000,00
Sementes	saco	1	650,00	650,00
Defensivo Trat. de sementes	L	0,05	720,00	36,00
Herbicida	L	7	35,00	245,00
Óleo mineral	L	3	12,00	36,00
Fungicida	L	2	85,00	170,00
Inseticida	L	2	30,00	60,00
Subtotal de insumos				**2.437,00**
2. Serviços				
Dessecação	diária	0,5	100,00	50,00
Semeadura	diária	0,5	100,00	50,00
Aplicação de herbicida	diária	0,5	100,00	50,00
Aplicação de inseticida	diária	0,5	100,00	50,00
Aplicação de fungicida	diária	0,5	100,00	50,00
Colheita	saco/ha	3	85,00	255,00
Subtotal de serviços				**505,00**
Custo operacional do milho				**2.942,00**
Especificação	**Unidade**	**Quantidade**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor Total (R$)**
Sorgo no primeiro ano				
1. Insumos				
Calcário dolomítico	t	2	120,00	240,00
Adubo	kg	400	2,5,00	1000,00
Sementes	Saco (10kg)	1	250,00	250,00
Defensivo Trat. de sementes	L	0,05	720,00	36,00
Herbicida	L	3	35,00	105,00
Óleo mineral	L	3	12,00	36,00
Fungicida	L	2	85,00	170,00
Inseticida	L	2	30,00	60,00
Subtotal de insumos				**1.897,00**

Continua...

Tabela 8. Continuação.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R$)	Valor Total (R$)
Sorgo no primeiro ano				
2. Serviços				
Dessecação	diária	0,5	100,00	50,00
Semeadura	diária	0,5	100,00	50,00
Aplicação de herbicida	diária	0,5	100,00	50,00
Aplicação de inseticida	diária	0,5	100,00	50,00
Aplicação de fungicida	diária	0,5	100,00	50,00
Colheita	hora/máquina	1	150,00	150,00
Subtotal de serviços				**400,00**
Custo operacional do milho				**2.297,00**
Especificação	**Unidade**	**Quantidade**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor Total (R$)**
Braquiária no primeiro ano				
1. Insumos				
Adubo	kg	100	2,00	200,00
Sementes	Saco 15kg	1	250,00	250,00
Herbicida	L	3	35,00	105,00
Subtotal de insumos				**555,00**
2. Serviços				
Semeadura	diária	0,5	100,00	50,00
Aplicação de herbicida	diária	0,5	100,00	50,00
Adubação de cobertura	diária	0,5	100,00	50,00
Subtotal de serviços				**150,00**
Custo operacional da braquiária				**705,00**
Especificação	**Unidade**	**Quantidade**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor Total (R$)**
Eucalipto no primeiro ano				
1. Insumos				
Adubo	kg	50	2,5,00	125,00
Mudas	unidade	200	1,5,00	300,00
Mudas (replantio)	unidade	50	1,5,00	75,00
Formicida	kg	5	25,00	125,00
Subtotal de insumos				**625,00**

Continua...

Tabela 8. Continuação.

Especificação	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R$)	Valor Total (R$)
Eucalipto no primeiro ano				
2. Serviços				
Preparo do solo	h	1,2	50,00	60,00
Aplicação de formicida	diária	2	100,00	200,00
Plantio	diária	3	100,00	300,00
Coroamento	diária	5	100,00	500,00
Subtotal de serviços				**515,00**
Especificação	**Unidade**	**Quantidade**	**Valor Unitário (R$)**	**Valor Total (R$)**
Eucalipto no segundo ano				
1. Insumos				
Adubo	kg	50	2,5,00	125,00
Formicida	kg	2	25,00	50,00
Subtotal de insumos				**175,00**
2. Serviços				
Aplicação de formicida	diária	2	100,00	200,00
Aplicação de adubo	diária	1	100,00	100,00
Subtotal de serviços				**300,00**

* Considerando o preço médio regional da tonelada da silagem e da saca de milho em setembro de 2024.

Iniciativas de Transferência de Tecnologia

No âmbito de uma parceria entre a Embrapa, a FIEA e o Sebrae-AL, uma das ações desenvolvidas foi a capacitação e atualização tecnológica de agentes multiplicadores em Sistemas Integrados de Produção. A implantação e condução da URT descrita serviu como ferramenta para acompanhamento, em campo, daquilo que se discutiu nas aulas teóricas de cada módulo oferecido (Figura 12). Além do envolvimento direto das três instituições supracitadas, cada módulo oferecido contou com o apoio da Rede ILPF, Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas (Emater-AL), Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária, Pesca e Aquicultura (Seagri-AL), MAPA, Fazenda São Sebastião do Bonito e Fazenda Buenos Aires. Em média, 20 profissionais foram capacitados, possibilitando a divulgação da tecnologia ILPF para os pecuaristas do Estado de Alagoas.

Fotos: Paulo Silva e Walane Ivo

Figura 12. Capacitação continuada em ILPF com cursos teóricos e práticos na Fazenda São Sebastião do Bonito, Chã Preta, AL.

Diante dos resultados obtidos, o proprietário da fazenda onde os trabalhos estão sendo conduzidos, adotou a lavoura como padrão na expansão de seu sistema integrado. Com a orientação dos técnicos e o conhecimento adquirido, novos arranjos foram propostos para atender a demanda da propriedade. Hoje, já são três diferentes arranjos estabelecidos (ILPF em fileira dupla e fileira simples e IPF em fileira simples), nos quais estão sendo levantados importantes dados para o melhor entendimento das complexas relações em sistemas integrados (Figuras 13, 14 e 15).

Foto: Paulo Silva

Figura 13. Primeira área de integração adotada na propriedade, em 2020, com inserção de árvores em um pasto estabelecido. Chã Preta, AL.

Fotos: Paulo Silva

Figura 14. Sistema com fileiras duplas de eucalipto, cultivado com milho por três anos seguidos. Chã Preta, AL.

Foto: Paulo Silva

Figura 15. Aspecto do desenvolvimento do Capim Mombaça após três anos de cultivo de milho em sitema integrado com eucalipto. Chã Preta, AL.

Considerações finais

Com os resultados da URT de ILPF, com eucalipto, dois componentes de lavoura e pasto, na Zona da Mata Alagoana, foi possível demonstrar alguns dos benefícios que o sistema proporciona, destacando-se a melhoria da fertilidade do solo, a recuperação da pastagem degradada, o aumento da renda bruta da propriedade e a amortização dos custos de implantação com o lucro das lavouras.

Outros benefícios serão adicionados com o amadurecimento do sistema, destacando-se a renda direta gerada pela madeira produzida, o ganho de peso dos animais, seja pela oferta de pastagem de qualidade ou mesmo pelo conforto animal proporcionado pelo sistema.

Por se tratar de pesquisa de longa duração, algumas informações ambientais regionais serão contabilizadas a médio e longo prazos, devendo proporcionar aumento na rentabilidade da propriedade, por meio do estabelecimento de uma pecuária de baixa emissão de carbono.

No entanto, os procedimentos e técnicas usados nas etapas de implantação e condução do sistema aqui descritos comprovaram a sua eficiência e são recomendados para uso nas condições estabelecidas pelo Zoneamento Agroecológico de Alagoas para a região. O sistema nessa fase já apresenta viabilidade técnica e econômica que devem ser ainda melhoradas nas fases seguintes com o aporte da produção dos produtos madeireiros.

Agradecimentos

Aos produtores Álvaro Vasconcelos, proprietário da Fazenda São Sebastião do Bonito, e José Nogueira, proprietário da Fazenda Buenos Aires, pela inestimável contribuição às pesquisas em ILPF, sobretudo pela disponibilização de áreas e infraestrutura para a condução de Unidades de Referência Tecnológicas - URTs, em Alagoas.

Ao Sebrae-Alagoas e à Federação das Indústrias do Estado de Alagoas - FIEA, pela parceria

na condução do projeto e incentivo aos Sistemas Integrados.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas - Fapeal, pelo incentivo, por meio de financiamento de pesquisas voltadas aos Sistemas Integrados de Produção.

Ao pesquisador da Embrapa, Lineu Alberto Domit, pela “semente plantada” no início deste trabalho em Alagoas.

À toda equipe que compõe o corpo técnico do projeto.

Referências

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FONTANELLI, R. S.; SILVA, V. P.; Silva, J.; PEREZ, N. B.; CONTE, O.; FRANCHINI, J. C. Práticas e manejo de sistema de Integração Lavoura-Pecuária e de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta para a região Sul. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHAO, R. L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015. cap. 7, p. 141-162. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

FRANCHINI, J. C.; PORFIRIO DA SILVA, V.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SICHIERI, F.; PADULLA, R.; DEBIASI, H.; MARTINS, S. S. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Noroeste do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 14 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 86).

IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html. Acesso em: 29/09/2022.

MACEDO, M. C. M; ARAÚJO, A. R. Integrated Crop and Livestock Systems as an alternative to recover degraded pasture. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de. **Integrated crop-lisvestock-forest systems: a brazilian experience for sustainable farming**. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2014. p. 43-63.

MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JÚNIOR, L. C. Diagnóstico do município de Marechal Deodoro, Estado de Alagoas. In: **PROJETO Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea**. Recife: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais; Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios, 2005. p. 01-12.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (ed.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

PACHECO, E. P.; BARROS, I.; FERNANDES, M. F.; RANGEL, J. H. A.; TEIXEIRA, A. H. **Viabilidade econômica de sistemas de produção de milho, soja e pasto para o agreste do Sealba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2020. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 151).

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RüTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80 p. Disponível em: http://doi.org/10.34024/978851700089.

SIDAGRO. **Sistema de Defesa Agropecuário**. Disponível em : https://www.sidagro.ima.mg.gov.br/portaldoprodutor/login.jsf?expired=true. Acesso em 01/08/2024

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico 198). Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1005326.

ZONEAMENTO agroecológico do estado de Alagoas. Recife: Embrapa Solos, 2013. 1 CD ROM.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (ed.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330 p.

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Gov. Paulo Barreto de Menezes, nº 3250
CEP 49025-040, Aracaju, SE
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Amaury da Silva dos Santos*

Secretária-executiva: *Aline Gonçalves Moura*

Membros: *Aldomario Santo Negrisoli Junior, Marcos Aurélio Santos da Silva, Fabio Enrique Torresan, Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Viviane Talamini, Amaury Apolonio de Oliveira, Joézio Luiz dos Anjos, Alitiene Moura Lemos Pereira e Josué Francisco da Silva Júnior*

Parceria

Ministério da Agricultura e Pecuária

Comunicado Técnico 252
ISSN 1678-1937
Dezembro, 2024

Edição executiva e Diagramação: *Aline Gonçalves Moura*

Revisão de texto e normalização bibliográfica: *Josete Cunha Melo (CRB-5/1383)*

Projeto gráfico: *Leandro Sousa Fazio*

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.