

Dados de identificação

Nome do BF: Instituto Politécnico de Bragança (IPB)

N.º do projeto: PRR-C05-i03-I-000224-LA5.1

Designação do plano de ação: BioComp_3.0 — Produção de compostos orgânicos biológicos para controlo do jacinto-de-água e valorização de subprodutos agropecuários, florestais e agroindustriais

Identificação de todas as entidades que integram a parceria:

Instituto Politécnico de Bragança (IPB)

Colina Generosa (CG)

Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional (COTHN – CC)

Instituto Politécnico de Coimbra (ESAC-IPC)

Leal & Soares S.A.

Confederação Nacional da Agricultura (CNA)

Universidade da Madeira (UMa)

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, I.P. (CCDRC)

Comunidade Intermunicipal da Região de Coimbra (CIM RC)

FG - Formação Gestão e Desenvolvimento Rural, Lda (FG)

Paisagem Silvestre

Carla Maçoas

João Dias

Data de início do projeto: 01/07/2023

Data de conclusão do projeto: 31/12/2025

Data do relatório de execução: 31 de dezembro de 2025

Iniciativa Emblemática (IE) da Agenda de Inovação para a Agricultura | 20 | 30 – 5 - Agricultura circular: Eficiência de recursos e reutilização

1. Principais Resultados

O Projeto BioComp_3.0 — Produção de compostos orgânicos biológicos para controlo do jacinto-de-água e valorização de subprodutos agropecuários, florestais e agroindustriais – foi constituído por 10 Atividades, todas elas com o envolvimento de vários parceiros, tendo sido todas concluídas e alcançados os objetivos propostos. Apresentam-se os resultados por atividades, considerando que a atividade 1 foi a gestão do projeto e que não tem objetivos técnicos.

Atividade 2 - Criação de um "plugin" com recurso a imagens aéreas e ferramentas SIG para apoio à monitorização e tomada de decisão no processo de controlo e erradicação do jacinto-de-água estiveram envolvidos os parceiros: IPB (Líder) CG e IPC (parceiros). Esta atividade foi desenvolvida através da realização de 3 tarefas: Compilação e eventual obtenção de novos dados de deteção remota sobre a distribuição do jacinto-de-água nos cursos de água; Criação de um "plugin" e Caracterização físico-química e biológica do jacinto-de-água presente em diferentes cursos de água e épocas do ano. Inicialmente foi feito um trabalho de compilação dos dados e informação já existente sobre o jacinto-de-água e obtenção dados de ocorrência do jacinto nos diferentes locais analisados foram obtidos por meio de fotografias de satélite e/ou por veículos aéreos não tripulados (realizados pelo IPB) e validados através de recolhas realizadas diretamente no campo. Com recurso a esta informação conseguiu-se atingir o objetivo final desta atividade que foi a criação de uma aplicação SIG gratuita e acessível a todos os utilizadores. Foi executado um trabalho de monitorização remota no Baixo Mondego, combinando levantamentos com drone e análise de imagens Sentinel-2 através do índice NDVI. Em 28/05/2024, durante o Dia Aberto na Estação de Bombagem do Foja (Montemor-o-Velho), foi efetuada uma demonstração prática de cobertura aerofotográfica com drone, evidenciando o potencial da deteção remota na monitorização e apoio à gestão da infestação. As missões e amostragem de campo associadas foram realizadas a 27/05/2024, com recolha de 10 amostras georreferenciadas (0,25 m²) no Rio Velho, para estimativa de biomassa e preparação de correlações com índices de vegetação. Paralelamente, foi desenvolvida e aplicada uma metodologia baseada em imagens Sentinel-2 (NDVI) para caracterização mensal da vegetação aquática flutuante, incluindo: pré-processamento com máscaras de qualidade (SCL), cálculo do NDVI médio mensal, cálculo de diferença de NDVI (dNDVI) entre meses e classificação espacial

em três classes (negativo, neutro e positivo), com produção de mapas e tabelas de áreas por classe. Apesar do sucesso desta tarefa, foram sentidos alguns constrangimentos, como por exemplo: entre janeiro e maio de 2025, Montemor-o-Velho registou condições meteorológicas adversas: precipitação persistente, humidade elevada e forte nebulosidade. Estas condições impediram a realização de voos em segurança e reduziram a qualidade das imagens de satélite, comprometendo a continuidade da monitorização. Do ponto de vista ecológico, a reduzida luminosidade e temperaturas baixas limitaram o crescimento do jacinto-de-água. A forte precipitação poderá, contudo, ter dispersado fragmentos vegetais, criando focos de colonização. Além das limitações meteorológicas, verificaram-se constrangimentos operacionais (sobrecarga académica) que afetaram a mobilização das equipas do IPB.

Atividade 3 - Estudo e caracterização de subprodutos com potencial para valorização conjunta com o resíduo de jacinto-de-água – foi liderada pelo IPC, envolvendo a participação da CG e CNA. Fez-se o levantamento, identificação e estimativa das quantidades de subprodutos gerados pelas atividades agrícolas, urbanas, agroindustriais e florestais disponíveis na região Centro que se possam constituir como matéria-prima para o processo de compostagem em mistura com o jacinto-de-água. Neste sentido foram identificados e caracterizados 13 subprodutos que apresentaram características que permitem integrara o processo de compostagem em conjunto com o jacinto-de-água. Essas matérias-primas foram: estilha florestal, biomassa florestal, palha de arroz, bagaço de azeitona. biochar, restos de batata, pele de batata, estrume de cavalo, estrume de suíno, estrume de bovinos de leite, estrume de bovinos de carne, estrume de aviário e jacinto de água. Estes subprodutos foram caracterizados em relação a: Carbono, Nitrogénio, C/N, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Boro, Ferro, Zinco, Cobre, Cádmiu, Crómio, Chumbo, Níquel, Densidade e Matéria Seca. Desta análise selecionaram-se os subprodutos que apresentavam melhores características para a compostagem, nomeadamente jacinto-de-água, estrume de equino e biomassa florestal.

Atividade 4 - Envolvimento dos stakeholders na promoção de valorização responsável associada ao controlo do jacinto-de-água - foi liderada pelo IPC, e envolveu a participação de todos os parceiros. Desenvolveu-se em 4 tarefas complementares: i) sensibilização/formação para a valorização segura do resíduo de jacinto-de-água, com envolvimento de entidades

municipais, ICNF, associações e agricultores, envolvendo ações distribuídas ao longo do tempo do projeto e do território onde esta invasora ocorre; ii) realização de “*focus group*” com agricultores (parceiro responsável: COTHN); iii) definição e implementação, em parceria com atores chave, da melhor solução para assegurar o controlo efetivo de jacinto-de-água: valorização responsável sem promoção de dependência e iv) criação e dinamização de Rede de Parceiros Responsáveis para promoção do controlo eficaz e valorização do resíduo jacinto-de-água. Para a boa execução desta atividade foram realizadas 10 ações de sensibilização e formação, tendo sido realizadas 9, distribuídas por diferentes regiões do país, envolvendo técnicos de associações, técnicos municipais, representantes de entidades públicas, investigadores, estudantes e outros interessados. A ação prevista para o dia 17 de novembro de 2025, em Águeda, não se realizou por incompatibilidade de agenda dos técnicos do município. As ações assumiram diferentes formatos, incluindo sessões técnicas, participação em seminários temáticos, dias abertos e momentos de demonstração. Verificou-se alguma dificuldade na mobilização direta de agricultores, mitigada através do envolvimento de associações representativas e de técnicos com intervenção no território. Os agricultores que participaram mostraram interesse no aproveitamento da espécie ainda que várias vezes tenham referido a sua utilização após retirar diretamente das massas de água, o que não é seguro nem do ponto de vista da potencial dispersão adicional da espécie, nem pelos metais pesados que a espécie pode acumular e que permanecem disponível nessa situação. O interesse das ações foi assim reforçado para informar sobre estas questões e desmotivar o uso das espécies no imediato após remoção da massa de água.

Foram realizados dois workshops participativos (*focus groups*): em 04/04/2024, no Centro Náutico de Montemor-o-Velho, com 15 participantes e em 17/09/2025, em Vila Franca de Xira, com 15 participantes, em colaboração com a ABLGVFX e a FENAREG. Estes workshops permitiram uma discussão estruturada e participativa sobre estratégias de controlo do jacinto-de-água, riscos associados à sua valorização, custos sociais da remoção e enquadramento de soluções no contexto da agricultura circular. Paralelamente, foi aplicado um inquérito nacional, com recolha de respostas entre 17 de maio e 31 de julho de 2024, enviado a 570 contactos, tendo-se obtido 97 respostas válidas. O público-alvo incluiu entidades portuguesas (continente e ilhas) envolvidas, ou potencialmente envolvidas, na gestão de áreas afetadas pelo jacinto-de-água, incluindo prevenção, vigilância, contenção e controlo. As entidades respondentes incluíram:

35,1% entidades municipais, 27,8% associações, 13,4% institutos públicos, 8,2% empresas privadas, 7,2% Comunidades Intermunicipais (CIM) e 7,2% órgãos da administração interna.

Os resultados do inquérito foram analisados e integraram um artigo científico com o título “Biological control and waste biomass composting of an invasive aquatic plant: insights and practices from stakeholders managing the species”, atualmente submetido à revista *Weed Research*.

A proposta de criação de uma Rede de Parceiros Responsáveis foi incluída no questionário e discutida novamente na sessão de 12/06/2025, em Coimbra, confirmando-se interesse significativo na sua futura formalização.

Esta atividade permitiu mobilizar stakeholders relevantes e consolidar mensagens-chave sobre a necessidade de valorização segura da biomassa de jacinto-de-água, evitando a utilização imediata após remoção e considerando os riscos de disseminação adicional da espécie e de acumulação de metais pesados. Os workshops participativos evidenciaram a importância de soluções integradas e coletivas, incluindo a existência de equipas permanentes de controlo, a compostagem em condições controladas, a rastreabilidade do processo e a articulação com instrumentos de política pública e mecanismos de incentivo. O questionário nacional revelou níveis elevados de concordância com a valorização responsável do jacinto-de-água, condicionados à garantia de controlo efetivo dos riscos e à não promoção de dependência da espécie enquanto recurso.

Atividade 5 - Produção de compostos orgânicos à base de resíduo de jacinto-de-água. Esta atividade teve início com a elaboração de um estudo, realizado pelo IPC, que permitiu a otimização das combinações para a valorização do resíduo de jacinto e subprodutos através da compostagem. Foram selecionadas as duas melhores combinações e instaladas duas pilhas de compostagem à escala industrial na Leal & Soares S.A. A CIM RC forneceu a biomassa de jacinto necessária para a realização destes ensaios. Foram produzidos dois compostos orgânicos agrícolas à escala industrial, designados Composto A e Composto B, recorrendo a matérias-primas regionais e incorporando jacinto-de-água em ambas as formulações. O Composto A foi constituído por jacinto-de-água + estrume de equino + biomassa florestal, enquanto o Composto B foi constituído por jacinto-de-água + biomassa florestal. As atividades de identificação e recolha das matérias-primas, constituição das pilhas, reviramentos, monitorização do processo,

amostragem e ensacamento foram asseguradas pela Leal & Soares SA. A definição das misturas, as análises químicas de monitorização e a caracterização agronómica dos compostos foram asseguradas pela ESAC/IPC. O processo incluiu licença para transporte do jacinto-de-água, transporte para as instalações, preparação/homogeneização das misturas, constituição das pilhas e monitorização de temperatura, incluindo medições manuais e instalação de registadores (thermochrons). Foram realizados três reviramentos ao longo do processo, até à crivagem final e ensacamento. A compostagem decorreu entre 20/02/2024 e 23/10/2024, com duração total de 246 dias (cerca de 8 meses). As pilhas atingiram temperaturas máximas de 71°C (Composto A) e 73°C (Composto B), assegurando condições compatíveis com higienização do material compostado. Na fase final, ambos os compostos apresentaram matéria orgânica superior a 30%, pH dentro do intervalo de referência, e ausência de *Salmonella spp.* e *Escherichia coli*. A caracterização química do composto final evidenciou, entre outros parâmetros: Matéria orgânica: 44,55% (A) e 42,27% (B); Humidade: 51,20% (A) e 52,86% (B); Razão C/N: 17 (A) e 16 (B); Metais pesados: valores dentro dos limites para classificação Classe I. De acordo com os resultados, ambos os compostos se enquadram na Classe I, sendo adequados para utilização em agricultura, incluindo potencial enquadramento para uso em Agricultura Biológica, dependendo do procedimento formal de validação do fator de produção. Esta atividade foi liderada pela Leal & Soares S.A. e foram participantes a CG, IPC, IPB e CIM RC. Apesar da atividade ter alcançado os objetivos a que se propôs, existiram alguns constrangimentos, pois o processo de compostagem foi mais demorado do que o esperado, por ter decorrido num ano muito húmido e com elevada precipitação, o que contribuiu para um teor de humidade final superior ao valor máximo de referência para comercialização do produto ensacado e uma das razões para que se tivesse perdido mais azoto do que o esperado, resultando num teor final ligeiramente abaixo dos valores médios apresentados por alguns dos compostos orgânicos comerciais. Os compostos apresentaram características equilibradas enquadradas nos intervalos de valores de variação permitidos para todos os parâmetros de qualidade do composto. Destacam-se pelos valores residuais ou inexistentes de metais pesados, classificando-os como compostos orgânicos de Classe I, estando aptos para certificação como fator de produção para a Agricultura Biológica, desde que instruído o processo de requerimento para tal. Serão compostos mais efetivos no aumento do teor de matéria orgânica estável do solo por apresentarem razão C/N mais elevada do que a maior parte dos compostos comerciais equivalentes. Esta atividade decorreu sob a

liderança da Leal & Soares S.A. com a colaboração de CG, IPC, IPB e CIM RC;

Atividade 6 - Desmaterialização do Processo de Controlo de Produção – Esta atividade teve como principal objetivo responder a esta complexidade através de uma abordagem estruturada de transformação digital. Em vez de se limitar à digitalização de registos existentes, o trabalho desenvolvido procurou repensar o processo de controlo de produção de forma integrada, criando condições para uma gestão da informação mais fiável, transparente e orientada ao processo. O ponto de partida foi a análise detalhada do processo BioComp 3.0, desde a monitorização da espécie invasora até à produção e aplicação do composto orgânico. Esta análise permitiu identificar fases críticas, fluxos de informação, responsabilidades e pontos de decisão, evidenciando as limitações de abordagens tradicionais baseadas em registos manuais, folhas de cálculo e troca informal de informação. Tornou-se claro que a complexidade do processo exigia uma solução que permitisse registar, acompanhar e relacionar acontecimentos ao longo do tempo de forma sistemática. Com base neste diagnóstico, foi definida uma abordagem de desmaterialização orientada a ocorrências, na qual os diferentes atos operacionais, medições e decisões passam a ser registados digitalmente de forma estruturada e contextualizada. Esta abordagem materializou-se no desenvolvimento da plataforma BioGuard, concebida como uma solução digital modular, flexível e preparada para evoluir para além do âmbito específico do BioComp 3.0. A arquitetura do BioGuard foi desenhada para apoiar a operação diária e a tomada de decisão, combinando uma aplicação cliente reativa, com dashboards, mapas e vistas operacionais, uma camada de serviços e um modelo de dados metamodelado que permite adaptar o sistema a diferentes contextos e requisitos. A gestão da informação assenta numa estratégia híbrida: por um lado, armazenamento local para garantir desempenho e continuidade de operação; por outro, o registo seletivo de ocorrências críticas numa infraestrutura de blockchain permissionada, assegurando integridade, imutabilidade e rastreabilidade dos dados mais relevantes. A integração da tecnologia blockchain, baseada no Hyperledger Fabric, constitui um dos principais diferenciais da solução. Esta camada funciona como uma base de confiança partilhada entre as entidades envolvidas, permitindo que os registos críticos do processo não dependam de uma única organização. Desta forma, o BioGuard cria condições favoráveis para auditorias independentes, certificação de processos e futura valorização dos resultados ambientais alcançados. Ao nível da interação com o utilizador, a plataforma disponibiliza

componentes gráficos que facilitam o registo e a consulta de ocorrências, o acompanhamento das pilhas de compostagem, a visualização de parâmetros técnicos e a análise espacial da informação. Estes elementos contribuem para uma utilização intuitiva do sistema, adaptada a diferentes perfis de utilizador, desde técnicos no terreno a responsáveis pela gestão e acompanhamento do processo. Em síntese, esta atividade cumpriu plenamente os seus objetivos, entregando uma solução funcional, coerente e tecnicamente robusta para a desmaterialização do processo de controlo de produção no BioComp 3.0. Para além de responder às necessidades imediatas do projeto, a plataforma BioGuard estabelece uma base sólida para evolução futura, podendo ser aplicada a outros contextos de gestão ambiental, a processos de certificação e auditoria e à valorização de impactos ambientais positivos, em linha com os objetivos do Plano de Recuperação e Resiliência. Foi líder a UMa e foram participantes: CG, IPB, Leal & Soares S.A., CCDRC, FG, e Jovens Agricultores que forneceram os dados necessários ao desenvolvimento dos “smart contracts”.

Atividade 7 - Ensaios de campo para aplicação agrícola dos compostos orgânicos – Consistiu na realização de ensaios de campo para aplicação agrícola dos compostos. Foram instalados ensaios de campo em Bragança, Barca D’Alva, Fundão, Coimbra e Elvas.

No ensaio instalado em Bragança realizaram-se três ciclos culturais, no outono de 2024 e na primavera e no outono de 2025. O ensaio foi conduzido segundo um delineamento completamente casualizado, com três repetições, abrangendo cinco tratamentos fertilizantes: Composto A; Composto B, Estrume, estrume de vaca compostado; N mineral, nitrato de amónio com 20,5% de N (50% na forma nítrica e 50% na forma amoniacal); e Testemunha, sem aplicação de fertilizante. Os corretivos orgânicos e o fertilizante mineral foram aplicados de modo a fornecer 80 kg ha⁻¹ de N. Os corretivos orgânicos foram incorporados no solo antes da sementeira (aplicação de fundo), enquanto o nitrato de amónio foi aplicado em duas frações, 50% em fundo e 50% em cobertura. Os ensaios decorreram nos períodos compreendidos entre 13 de setembro e 18 de novembro de 2024, 19 de abril e 12 de junho de 2025 e 6 de setembro e 30 de outubro de 2025. Utilizaram-se plântulas com três folhas verdadeiras da cultivar Maravilha de Verão. Os resultados demonstraram eficácia do nitrato de amónio na promoção do crescimento da alface, em contraste com os corretivos orgânicos testados. A resposta limitada das plantas aos corretivos orgânicos estará relacionada, sobretudo, com a curta duração do ciclo cultural da alface, que não

beneficiou da lenta disponibilização de nutrientes. A baixa reatividade dos corretivos orgânicos no curto prazo não deve ser interpretada como falta de qualidade, mas sim como uma característica que condiciona o seu uso. Estes materiais devem ser preferencialmente aplicados em sistemas que tirem partido da libertação gradual de nutrientes e da melhoria das propriedades do solo a médio e longo prazo. Ficou claro que o efeito combinado das aplicações de compostos e estrume ao longo do tempo permitiu obter valores médios mais elevados que a testemunha e, no caso do Composto A, as diferenças foram mesmo estatisticamente significativas. Assim, os compostos gerados neste projeto são pouco reativos, em virtude da sua relação carbono/azoto, mostrando neste estudo um comportamento similar ao estrume de vaca.

O ensaio realizado em Barca D'Alva foi instalado em um amendoal jovem da entidade parceira Paisagem Silvestre, em Escalhão, Barca d'Alva, nas coordenadas geográficas 41.021695, - 6.946407. As árvores marcadas são da cultivar Guara e encontram-se enxertadas em GF 677. O amendoal é conduzido em modo biológico. O amendoal está instalado num compasso de 6 m x 5 m, ao qual correspondem 333 árvores por hectare. É um amendoal regado por gota-a-gota. Por se tratar de uma parcela bastante homogénea, relativamente à sua orografia e aspeto visual da superfície do solo, bem como ao desenvolvimento das árvores, optou-se por um delineamento experimental completamente casualizado. Estabeleceram-se cinco tratamentos, que resultaram da aplicação dos dois compostos (A e B) em duas doses (15 e 30 kg/árvore) a que se adicionou uma modalidade testemunha, sem aplicação de qualquer tipo de fertilização. Neste ensaio com amendoeira, o efeito dos tratamentos não foi significativo quando avaliado pela performance fotossintética das plantas e pelo seu estado nutricional, devido a serem árvores muito jovens e ainda com baixas necessidades em nutrientes. No âmbito do projeto Biocomp_3.0 foram preparados dois compostos de elevado valor fertilizante. O pH elevado recomenda o seu uso preferencialmente em solos ácidos (situação que não se verificou neste ensaio). A sua razoável riqueza em fósforo e boro torna-os bastante adequados para a maior parte dos condicionalismos agrícolas nacionais, uma vez que solos pobres em fósforo e/ou boro são bastante frequentes. A concentração baixa em azoto indica que poderá ocorrer imobilização líquida após a sua aplicação, o que deve merecer atenção quando se pretender aplicar em culturas de ciclo curto. Nestas situações, poderá ser recomendável suplementar a fertilização com adubos minerais. O ensaio de Coimbra foi realizado no Centro Experimental Quinta do Loreto em duas modalidades: ao ar livre e em estufa. Na modalidade em estufa foram realizados 4 tratamentos: 2 compostos (A e

B), 1 composto orgânico comercial e 1 adubo orgânico comercial, todos em 3 níveis de fertilização. Foi utilizada a Alface roxa: variedade “mineral”. Estes ensaios decorreram em Instalação: 31/out/2024 – colheita 22/jan/2025 (outono/inverno), repetido em maio/2025 - com colheita 03/jul/2025- ensaio de primavera.

Na modalidade ao ar livre utilizou-se a mesma variedade e fizeram-se 3 tratamentos: 1 Composto (A), 1 composto orgânico comercial e 1 adubo orgânico comercial em 3 níveis de fertilização. Estes decorreram nos períodos 31/out/2024 - colheita 22/jan/2025 (outono/inverno), repetido ensaio noutra parcela, em junho de 2025 com colheita 31/jul/2025 (primavera). Os ensaios de fertilização para testar a eficácia agronómica dos compostos Lote A e Lote B foram realizados com 3 níveis de fertilização e por comparação de desempenho com um composto orgânico comercial e com um adubo comercial, durante a época de outono/inverno e época de primavera/verão.

Os resultados analíticos de solo e material vegetal obtidos até à data, para os quais ainda não foi realizada a análise estatística, permitem numa primeira avaliação concluir que:

- em Estufa (produção protegida/forçada)

1) Relativamente à testemunha há um aumento efetivo do teor em matéria orgânica para ambos os compostos BioComp_3.0, semelhante ao aumento de matéria orgânica resultante do composto e do adubo comercial;

2) Não foi observado nenhum efeito de toxicidade ou prejuízo da produção com o nível mais elevado de fertilização (300 kg N/ha);

3) A produção média obtida com os compostos BioComp_3.0 é semelhante à do composto orgânico comercial para o nível de 150 kg N/ha, mas ligeiramente inferior para o nível de fertilização de 300 kg N/ha. Para ambos os níveis de fertilização (150 e 300 kg N/há) a produção dos compostos BioComp_3.0 é inferior à produção obtida com o adubo orgânico, o que é esperado porque a disponibilidade de nutrientes a partir de um adubo orgânico é mais imediata do que a partir de um composto orgânico, refletindo-se de modo evidente na produção de culturas de ciclo curto.

- ao Ar livre

1) Relativamente à testemunha há também um aumento efetivo do teor em matéria orgânica para o compostos BioComp_3.0 Lote A (único composto do projeto testado ao ar livre), tal como o aumento resultante do composto e do adubo comercial;

- 2) A produção média para o nível 150 kg N/ha é consideravelmente superior nas parcelas com composto BioComp_3, quando comparada à produção obtida com o composto orgânico comercial ou à produção com o adubo orgânico comercial. Para o nível de 600 kg N/ha a produção média é superior à do composto orgânico, mas ligeiramente inferior à do adubo comercial;
- 3) Os resultados indicam que o composto BioComp_3.0 Lote A apresenta um desempenho ao ar livre superior ao dos compostos ou adubos orgânicos comerciais para o nível de fertilização confortável de 150 kg N/ha, não sendo observado ganhos de produção relevantes quando se aumenta a fertilização para os 600 kg N/ha;
- 4) Desta primeira avaliação não parece haver efeito diferenciador evidente do adubo orgânico comercial quando comparado ao composto BioComp_3.0 em produção ao ar livre;
- 5) Não foi observado qualquer efeito de toxicidade ou acumulação diferenciada de N para nenhuma das matérias fertilizantes utilizadas na concentração de 600 kg N/ha, o que se deve ao fato da branda disponibilidade de nutrientes conferida pelos compostos orgânicos agrícolas.

O ensaio realizado no Fundão foi instalado em maio de 2025, num pomar de maçã Bravo de Esmolfe. Foram feitos dois tratamentos (composto A e composto comercial) em 3 níveis de fertilização (70 kg N/ha; 140 kg N/ha e 280 kg N/ha. Os resultados analíticos ainda não foram tratados estatisticamente, mas uma primeira avaliação permite concluir que: o efeito de resposta mais imediata e evidente é o aumento do teor em matéria orgânica do solo, sendo menos evidente o aumento em nutrientes, por comparação com os resultados do tratamento testemunha (sem aplicação de compostos); por comparação do composto BioComp_3 Lote A com o composto orgânico comercial, não há evidência de diferenças importantes no efeito sobre o teor em matéria orgânica e nutrientes; sobre a produção (colheita realizada na primeira quinzena de setembro de 2025) o efeito também não é ainda evidente. Os resultados entre tratamentos apresentam um padrão de grande aleatoriedade, sem grandes diferenças em relação à testemunha ou em relação ao composto comercial; será dada continuidade às observações para se confirmar a diferenciação entre tratamentos na próxima primavera (abril-maio de 2026), através das análises foliares e análises de solo.

O ensaio realizado em Elvas comparou o efeito da aplicação do composto em pastagens melhoradas/biodiversas e em pastagens naturais. Os resultados das análises iniciais indicam solos de pastagem natural e, também os de pastagem melhorada, com baixo a médio teor em matéria orgânica (MO), baixo a muito baixo teor em fósforo (P₂O₅) e excesso de magnésio (Mg)

relativamente ao teor em potássio, o que poderá resultar em carência de potássio na cultura devido ao antagonismo iónico. Além disso, os teores totais efetivos das bases (Ca, Mg e K) são baixos a muito baixos, o que restringe bastante o potencial de produção das pastagens; O composto BioComp_3.0 Lote A (Composto A) foi aplicado com dois níveis de fertilização e é esperada uma melhoria substancial tanto no teor em matéria orgânica como no teor em potássio e magnésio, assim como uma resposta efetiva no aumento da produção das pastagens a longo prazo, visto serem compostos particularmente ricos nestes nutrientes e em MO (> 30%). Os compostos BioComp_3.0 apresentam teores de K, Ca e Mg iguais ou superiores a muitos dos compostos orgânicos comerciais mais utilizados em agricultura; Foram recolhidas amostras de solo em novembro de 2025 que ainda se encontram a ser analisadas.

Esta atividade foi muito exigente em trabalhos de campo e também em análises laboratoriais. A duração de 3 anos para trabalhos com uma forte componente de campo é um período muito reduzido. Só se conseguiu aplicar o compostado num ano, o que, especialmente em culturas perenes (pomar, pastagem e amendoal) torna os resultados pouco robustos e também realçar a elevada quantidade de recolha e análise de material a ser executada nos últimos dois trimestres do ano. Apesar dos constrangimentos, e de algumas análises ainda estarem a decorrer, conseguiu-se apresentar resultados preliminares.

Atividade 8 - Avaliação do impacto ambiental e económico das soluções testadas

No âmbito desta atividade foi realizada uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) à produção de composto orgânico incorporando jacinto-de-água, com base em duas formulações (A e B), seguindo uma abordagem “berço-ao-portão” e com unidade funcional de 1 tonelada de composto produzido. A modelação integrou dados primários do processo e dados secundários de bases reconhecidas, recorrendo ao software Sphera LCA for Experts / GaBi. Foram analisados cenários/variantes associados às duas formulações e opções operacionais (incluindo alternativas relacionadas com a etapa de embalagem/expedição), permitindo cumprir a meta de modelação prevista. Em complemento à avaliação ambiental, foi produzido um estudo técnico-científico de avaliação monetária dos benefícios ambientais, focado em benefícios diretos associados à remoção do jacinto-de-água no Baixo Mondego, incluindo: (i) valorização do composto, (ii) poupança de água por redução de evapotranspiração e (iii) benefícios potenciais para a pesca e

usos recreativos. A Formulação B apresentou um desempenho ambiental superior nas categorias mais críticas, com reduções face à Formulação A de: Potencial de Acidificação (AP): -72%; Potencial de Eutrofização (EP): -71%; Potencial de Aquecimento Global (GWP, excl. biogénico): -16%. Foram identificados hotspots relevantes do processo, com destaque para as emissões diretas da compostagem, o consumo de combustível em operações mecanizadas e o transporte, reforçando a importância de medidas operacionais para mitigação de emissões e redução de consumos. O estudo económico concluiu que a valorização do jacinto-de-água em composto é compatível com uma lógica de circularidade, enquadrando benefícios económicos diretos associados à remoção da espécie e à recuperação de serviços de ecossistema. O principal desafio desta atividade relacionou-se com a disponibilidade e harmonização de dados para modelação e extrapolação à escala operacional, mitigado através da utilização combinada de dados primários e de bases de dados reconhecidas. Foi líder: IPB e foram participantes: CG, Leal & Soares, DRAPC, FG e Jovens Agricultores, para a construção do inventário.

Atividade 9 - Desenvolvimento de procedimentos legais para a colocação dos compostos orgânicos no mercado - Esta atividade consistiu na identificação e avaliação da legislação existente para o desenvolvimento de procedimentos de segurança ambiental na manipulação para a valorização do resíduo de jacinto através da compostagem e no desenvolvimento de procedimentos para colocação dos compostos orgânicos no mercado, como novas matérias fertilizantes, e respetiva autorização para a produção biológica. No âmbito desta atividade foi feito um levantamento da legislação existente para o desenvolvimento de procedimentos de segurança ambiental na manipulação e valorização do resíduo de jacinto-de-água através da compostagem. Posteriormente foi elaborado um Guia Técnico onde constam os procedimentos para segurança ambiental na manipulação e valorização do resíduo jacinto-de-água e comercialização de compostos orgânicos em Portugal. O documento sistematizou o enquadramento legal e normativo aplicável, articulando: o regime das espécies exóticas invasoras (Reg. (UE) 1143/2014 e DL 92/2019); o Regime Geral de Gestão de Resíduos (DL 102-D/2020); e o regime nacional de matérias fertilizantes não harmonizadas (DL 30/2022 e Portaria 185/2022). Foram definidos os procedimentos por etapa (remoção, transporte, receção, compostagem, prevenção de dispersão, verificação do produto final e rastreabilidade), incluindo requisitos mínimos e evidências associadas e uma checklist para apoiar a implementação e

organização da documentação. Este Guia incluiu ainda os passos para registo na DGAE (matérias fertilizantes não harmonizadas) e os elementos recomendados para eventual validação pela DGADR no âmbito do Modo de Produção Biológico (MPB). Assim, esta atividade resultou na disponibilização de um referencial técnico que: clarificou o enquadramento do jacinto-de-água enquanto espécie invasora e potencial resíduo; estabeleceu requisitos operacionais e analíticos para valorização segura por compostagem, incluindo higienização e prova de ausência de viabilidade reprodutiva (sementes/propágulos); identificou os passos e condições para eventual colocação no mercado do composto e o enquadramento aplicável quando se pretende utilização em MPB. Esta atividade reforçou que a valorização e eventual colocação no mercado dependem do cumprimento cumulativo de regimes e autorizações (ICNF/APA, entre outros) e da demonstração de inativação biológica total e de conformidade analítica do produto final, com especial atenção à prevenção de dispersão e ao controlo de contaminantes. Esta atividade foi desenvolvida com a liderança da CG e a participação do IPC.

Atividade 10 - Divulgação do projeto e disseminação dos resultados - Esta atividade foi liderada pela CNA, envolvendo a participação de todos os parceiros. As tarefas realizadas foram:

- Criação e atualização de website - <https://www.biocomp3.pt/>
- Presença em redes sociais - <https://www.facebook.com/biocomp3.0>;
<https://www.linkedin.com/company/biocomp-3-0>;
- Elaboração e desenvolvimento de material diverso e de conteúdos multimédia: Foi elaborado um folheto que se difundiu em todos os eventos e também diversos conteúdos multimédia (vídeos, imagens) que foram sendo divulgados nas redes sociais e website. Exemplos: <https://www.youtube.com/watch?v=bJ8DerLbaVk>;
<https://www.youtube.com/watch?v=tLPIS74mlUQ&t=3s>;
- Organização de dias abertos – Foi realizado um dia aberto (28/05/2024) na Estação de Bombagem do Foja com os objetivos de: sensibilizar os agricultores para os constrangimentos locais e custo social provocado pela planta invasora jacinto-de-água; promover a consciencialização sobre a urgência da prevenção e controlo da propagação

do jacinto-de-água; apresentar novas tecnologias de apoio à monitorização da propagação do jacinto-de-água para a tomada de decisão no seu controlo.

- publicação de artigos técnicos e científicos – foi publicado um artigo técnico (Sawimbo, A; Miguens, F., Perdigão, A., Nestler, H., Aguirra, P., Oliveira, V., Arrobas, M., Santos, D., Rodrigues, M.A. 2025. Valor agronómico de compostos com jacinto-de-água (*eichhornia crassipes*) quando aplicados na cultura da alface. Agrotec 55: 20-24.) e foi submetido outro para publicação (Biological control and waste biomass composting of an invasive aquatic plant: insights and practices from stakeholders managing the species – em submissão);
- participação em eventos técnico-científicos –
Workshop Agricultura Circular – 25 de outubro de 2023 em Coimbra;
RI'24 – 2nd IPViseu Study, Research & Innovation Summit – 20 de abril de 2024 em Viseu;
Job Summit IPC & Science2Business - 23 de abril de 2024 em Coimbra.
Seminário Inovação em Agricultura no âmbito do PRR – 13 de junho de 2024 em Santarém;
Go Wide Inovar com impacto – 20 de novembro de 2024 em Santarém;
VI Gala Viva Frutas e Legumes de Portugal - 14 de fevereiro de 2025 em Alcobaça;
20TH EUROPEAN WEED RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM, 1-4 julho 2025 em Lleida.
Mostra Científica/Semana da Ciência e Tecnologia 2025 - 25 de novembro de 2025 em Coimbra;
XII Simpósio Ibérico sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Minho Tomiño- 28 e 29 de novembro de 2025 em Pontevedra.
- realização do evento de encerramento do projeto – foi realizado no dia 12/12/2025 no Atrium Raúl de Almeida em Mira. Contou com a presença e colaboração de todas as entidades que constituem o consórcio.

Conclusões Gerais:

O resíduo de jacinto-de-água é produto do controlo mecânico que deverá ser de elevada frequência para ter resultado efetivo. As grandes quantidades de biomassa acumuladas nas margens das linhas de água provocam desconforto às populações pelo mau odor e proliferação de insetos, sendo de todo conveniente a recolha deste material para alguma valorização. Sendo também uma planta acumuladora de nutrientes, apresenta características que a tornam tecnicamente viável para ser utilizada como matéria-prima em misturas para a compostagem, podendo produzir corretivo ou adubo orgânicos à escala industrial. A agricultura no Baixo Mondego incorpora nos solos grande quantidade de fertilizantes sintéticos para suprir as exportações anuais das culturas, mas carece de matéria orgânica. São solos com menos de 2% de M.O., muito regularmente abaixo de 1%. É uma das prioridades da União Europeia assumida no Pacto Ecológico, aumentar o nível de saúde dos solos europeus, o que só é possível por via do aumento do teor em matéria orgânica estável no solo.

O projeto BioComp_3.0 comprometeu-se produzir compostos de qualidade para todos os tipos de agricultura a partir de misturas em que o jacinto-de-água é o constituinte principal juntamente com resíduos de origem agropecuária, agroindustrial e florestal que são abundantes na região. Resultaram 2 compostos produzidos à escala industrial que demonstram viabilidade técnica para a produção a este nível e comprovada qualidade para todos os tipos de agricultura: i) a sua composição química equipara-se a grande parte dos compostos agrícolas comerciais e ii) as características microbiológicas e o bom desempenho agronómico enquanto corretivo orgânico, demonstrado pelos primeiros resultados nos ensaios de campo, comprovam-no. Os compostos foram testados em diferentes regiões do país com representatividade na produção agrícola: Centro Litoral, Trás-os-Montes e Beira Alta, Centro Interior (Cova da Beira), Alentejo; a vários níveis de fertilidade incluindo teores bastante elevados para despistar potencial de toxicidade e foram comparados com o desempenho de corretivos orgânicos comerciais, adubos orgânicos e adubos minerais.

Concluiu-se que a C/N superior a 15 confere-lhe as características associadas a um verdadeiro corretivo da matéria orgânica do solo: a curto prazo é efetivo no aumento do teor

de M.O. do solo, mas não consegue suprir oportunamente as necessidades de nutrientes das plantas. Esta característica torna estes corretivos aptos para utilização em culturas perenes e permanentes e menos apropriado para culturas de ciclo curto;

É esperado um bom retorno económico da utilização dos compostos a produzir na região a partir do jacinto-de-água, devolvendo à natureza parte do que lhe foi retirado e à sociedade parte do valor económico perdido no seu controlo, que tem de ser contínuo.