



PRINCÍPIOS FAIR APLICADOS À GESTÃO DE DADOS DE INVENTÁRIO FLORESTAL E LIDAR: O CASO DO PROJETO PAISAGENS SUSTENTÁVEIS.

Nicolas Gustavo **Ricci**¹; Debora Pignatari **Drucker**²; Daniel de Castro **Victoria**³; Carla Geovana do Nascimento **Macario**⁴

Nº 23606

RESUMO – *Aprimorar a qualidade dos dados de pesquisa é fundamental para uma interpretação e uma utilização mais eficaz desses dados. Este estudo teve como objetivo abordar a usabilidade dos Princípios e subprincípios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), com a intenção de aprimorar a gestão dos dados no contexto do Projeto Paisagens Sustentáveis. Devido à necessidade de melhorias nos conjuntos de dados ao longo do tempo e à falta de atualização da antiga plataforma Webgis, que não garantia mais a integridade dos dados, tornou-se necessário migrar os dados para um repositório institucional. Sendo assim, o Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa (Redape) recebeu os dados do projeto. Neste trabalho, foi analisada a aderência dos dados do Projeto Paisagens Sustentáveis aos Princípios FAIR após sua publicação no Redape. A implementação desses subprincípios visa tornar os dados mais facilmente encontráveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis. Essas melhorias proporcionam uma base sólida para uma análise e interpretação dos conjuntos de dados, contribuindo assim para um melhor entendimento e uso dos resultados.*

Palavras-chaves: Dados de pesquisa, Acesso aos dados, Licença de uso dos dados, Padronização dos dados, Repositório de dados, Biomassa

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIT): Graduação em Engenharia Agrícola, FEAGRI / Unicamp, Campinas-SP; nicolasgricci@gmail.

2 Analista da Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, debora.drucker@embrapa.br .

3 Pesquisador da Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP, daniel.victoria@embrapa.br

4 Orientadora: Pesquisadora da Embrapa Agricultura Digital, Campinas-SP; carla.macario@embrapa.br.



ABSTRACT – *Improving research data quality research data is critical to its effective interpretation and use. This study aims to address the usability of the FAIR Principles and subprinciples (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), proposed by Wilkinson et al. (2016), with the intention of improving data management in the context of the Sustainable Landscapes Project. Due to the need for improvements in datasets over time and the lack of maintenance of the old Webgis platform, which no longer guarantees data integrity, it became necessary to migrate the data to an institutional repository. Therefore, Embrapa's Research Data Repository received the project data. This work highlights the improvements in the application of the FAIR subprinciples after data migration. The implementation of these sub-principles aims to make data more easily findable, accessible, interoperable and reusable. These improvements provide a solid basis for an analysis and interpretation of the datasets, thus contributing to a better understanding and use of the results.*

Keywords: Research data, Data access, Data use license, Data standardization, Data repository, Biomass.

1. INTRODUÇÃO

O compartilhamento de dados de pesquisa tem se tornado cada vez mais importante na comunidade científica e inúmeras iniciativas foram criadas nas últimas décadas. Mais recentemente, foram propostos os princípios FAIR (Encontráveis, Acessíveis, Interoperáveis e reutilizáveis, do inglês “Findable, Accessible, Interoperable e Reusable”). Esses princípios incluem a identificação global única e persistente de dados e metadados (F), a capacidade de recuperar informações com identificadores e protocolos padronizados (A), o uso de padrões para representação de dados e metadados (I) e a atribuição de licenças claras e acessíveis (R), conforme apresentados por Wilkinson et al (2016).

A informação sobre florestas tropicais é valiosa para cientistas, governos, organizações não governamentais, manejo florestal e comunidades locais, entre outros interessados (Lima et al. 2022). Florestas tropicais estocam grandes quantidades de carbono e um dos parâmetros mais importantes para estudar o balanço de carbono em florestas é a biomassa acima do solo (Tejada et al. 2019). Considerando a grande extensão e variabilidade de estruturas florestais nos trópicos, o



sensoriamento remoto vem sendo cada vez mais utilizado para estimar a biomassa acima do solo nestes locais, com destaque para o “Light Detection and Ranging - LiDAR” (Palace et al. 2016). A combinação de dados de inventários florestais de campo, de alto custo de obtenção, com métricas de LiDAR, mostrou-se eficaz para prover estimativas de biomassa acima do solo em diferentes formações florestais (Longo et al. 2016) no contexto do Projeto Paisagens Sustentáveis, o qual foi apoiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pelo Serviço Florestal dos Estados Unidos (UA), Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID) e Departamento de Estado dos EUA pelo período de 2014 a 2020. A motivação estava relacionada à melhoria da contabilidade do carbono nas emissões de gases de efeito estufa, atuando na transferência de tecnologias e treinamento avançado para profissionais com atuação em pesquisa e manejo de recursos naturais, principalmente recursos florestais. Outro objetivo do projeto foi adquirir dados remotos de LiDAR oriundos de aerolevantamentos em aproximadamente 10 a 20 localidades nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica; bem como armazenar e processar os dados LiDAR obtidos e disponibilizá-los gratuitamente.

Os dados de LIDAR (Light Detection And Ranging) são obtidos por meio de um sensor a laser que emite pulsos de luz e registra o tempo que leva para o feixe de luz refletir em objetos como árvores e solo na floresta. Com base nessas informações, é possível criar um modelo tridimensional da área florestal, que fornece dados precisos sobre a altura das árvores, densidade de copa, estimativa de biomassa, monitoramento da exploração madeireira, manejo florestal e indicadores de biodiversidade (Jensen, 2009). Já os dados de inventário florestal são obtidos por meio de medições em campo. Nesse processo, as características das árvores presentes na área florestal são medidas manualmente, como altura, diâmetro e outras informações importantes (Hush et al., 1993). Com base nesses dados, é possível obter informações sobre a composição e estrutura da floresta, e estimar a biomassa da floresta, auxiliando na gestão e monitoramento dos recursos naturais e nas estimativas de estoques de carbono em áreas de florestas nativas. Em suma, ambos os tipos de dados são essenciais para um melhor entendimento e conservação das florestas, estoque de carbono e quantificação de biomassa (Asner et al., 2010), permitindo um planejamento adequado e sustentável de sua utilização.

A metodologia adotada para disponibilizar os dados do projeto Paisagens Sustentáveis seguiram os mais frequentes padrões utilizados na época, contudo, as tecnologias e padrões para solução em Webgis como essas tendem a evoluir em rápida velocidade e, em 10 anos, os padrões



adotados tornaram-se obsoletos. Assim, fez-se necessária a migração dos dados para uma infraestrutura institucional de longo prazo. Portanto, os dados e metadados foram migrados para o Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa, Redape. Considerando a importância de disponibilizar dados de inventário florestal e LiDAR para os diferentes públicos interessados, o objetivo deste trabalho foi analisar a aderência dos dados do Projeto Paisagens Sustentáveis aos Princípios FAIR após sua publicação no Redape.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os princípios e subprincípios FAIR, tais como propostos em Wilkinson et al. (2016), foram utilizados como base para a análise deste trabalho, os quais estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1. Os Princípios Orientadores FAIR.

Encontrável	Acessível	Interoperável	Reutilizável
F1 Os metadados recebem um identificador globalmente único e persistente.	A1 Metadados e dados são recuperáveis por seu identificador usando um protocolo de comunicação padronizado.	I1 Metadados e dados usam uma linguagem formal, acessível, compartilhada e amplamente aplicável para representação do conhecimento.	R1 Metadados e dados são ricamente descritos com uma pluralidade de atributos precisos e relevantes.
F2 Os dados são descritos com metadados avançados (definidos por R1).	A1.1 O protocolo é aberto, gratuito e universalmente implementável.	I2 Metadados e dados usam vocabulários que seguem os princípios FAIR.	R1.1 Metadados e dados são liberados com uma licença de uso de dados clara e acessível.
F3 Os metadados incluem de forma clara e explícita o identificador dos dados que descreve.	A1.2 O protocolo permite um procedimento de autenticação e autorização, quando necessário.	I3 Metadados e dados incluem referências qualificadas a outros metadados e dados.	R1.2 Metadados e dados são associados com proveniência detalhada.
F4	A2		R1.3



17º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC 2023
29, 30 e 31 de agosto de 2023
ISSN: 2965-2812

Metadados e dados são registrados ou indexados em um recurso pesquisável.

Metadados são acessíveis, mesmo quando os dados não estão mais disponíveis.

Metadados e dados atendem aos padrões da comunidade relevantes para o domínio.

Os materiais utilizados no presente estudo consistem em dados geoespaciais provenientes de duas fontes principais: sensoriamento remoto por meio da tecnologia LIDAR e inventário florestal. Em 2014, o Projeto passou a disponibilizar os dados adquiridos na plataforma WebGis do Paisagens Sustentáveis Brasil que apresenta dados obtidos por sensoriamento remoto de três biomas brasileiros: Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica. Quem acessava o site escolhia o Estado brasileiro desejado e o tipo de mapa. O Webgis utilizava 3 mapas base (basemaps) para auxiliar a navegação do usuário: o StreetMap que é um mapa comum, o Google Satellite com imagens fotográficas realizadas por satélite e o Google Terrain que mostra a topografia do espaço. O Webgis segue ilustrado na Figura 1.

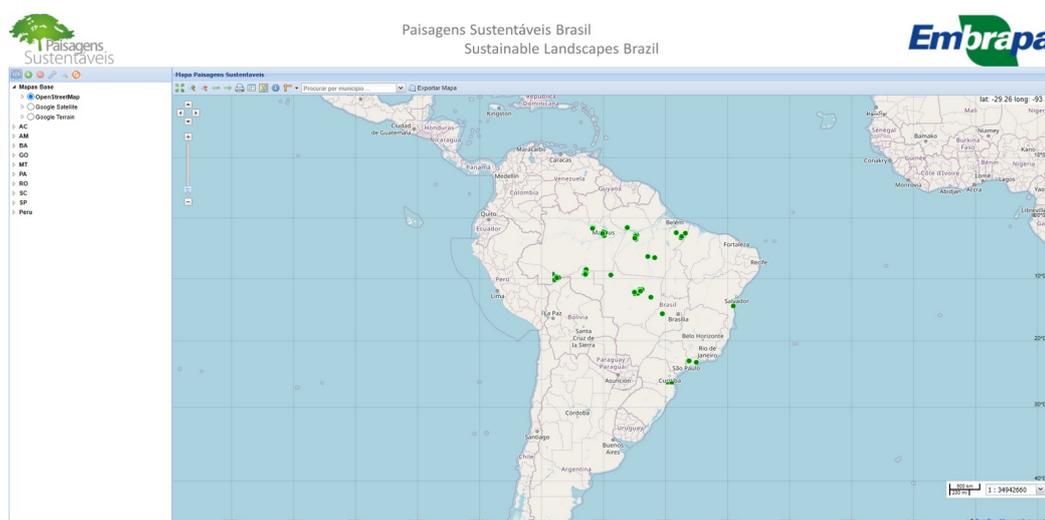


Figura 1. WebGIS do Projeto Paisagens Sustentáveis Brasil

Na antiga plataforma Webgis, o usuário tinha acesso aos metadados, mas os dados ficavam disponíveis apenas com uma solicitação prévia de cadastro, onde eram fornecidas as informações de login e senha, para cada usuário. Nos últimos dez anos, foram registrados



aproximadamente 335 solicitações de acesso de usuários espalhados pelo mundo, com diferentes intuítos e especialização, foram catalogados professores de universidades, estudantes de graduação e pós graduação, mestrado, doutorado, professores universitários e empresas. Esses interessados estão espalhados pelo mundo, em países como Alemanha, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Estados Unidos, Finlândia, França, Holanda, Indonésia, Inglaterra, Japão, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Romênia, Rússia e Suécia. Os conjuntos de dados disponíveis no antigo sistema eram de 176, em diferentes estados brasileiros e também na região de Ucayali no Peru (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de conjunto de dados obtidos no projeto em todas as áreas.

ÁREA	Quantidade total de conjunto de dados	LIDAR	INVENTÁRIO
ACRE	13	10	3
AMAZONAS	19	16	3
BAHIA	1	1	0
GOIÁS	2	2	0
MATO GROSSO	25	23	2
PARÁ	86	57	29
RONDÔNIA	18	18	0
SANTA CATARINA	2	2	0
SÃO PAULO	6	6	0
PERU	4	4	0

O Redape é uma plataforma desenvolvida pela Embrapa que tem como objetivo disponibilizar os dados de pesquisa realizados pela instituição. A plataforma fornece um local seguro, confiável e atualizado para armazenar esses dados, garantindo que as informações coletadas sejam preservadas a longo prazo, seguindo os princípios que norteiam a gestão dos dados científicos, assim descrito no próprio site do redape (www.embrapa.br/redape). A migração



dos dados e metadados foi feita manualmente, seguindo a padronização de metadados do Redape e a interface de upload de dados fornecida pelo repositório. Após a migração dos 176 conjuntos de dados do Projeto Paisagens Sustentáveis para o Redape, foram acrescentados 13 novos conjuntos de dados dos anos de 2020 e 2021 totalizando em 189 conjuntos e, com isso foi analisada a aderência a cada subprincípio FAIR apresentado na Tabela 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de aderência aos princípios FAIR estão sumarizados na Tabela 3, de acordo com subprincípios apresentados anteriormente.

Tabela 3. Aderência aos subprincípios FAIR.

Subprincípio	Webgis Paisagens Sustentáveis	Redape	Comentário
F1	Não	Sim	Não tinha e passou a ter um identificador persistente de objeto digital (DOI).
F2	Sim	Sim	Manteve a descrição avançada dos metadados, porém no Redape a curadoria resulta em maior riqueza dos metadados.
F3	Sim	Sim	Os metadados continuaram sendo incluídos de maneira clara seu identificador.
F4	Sim	Sim	Manteve os metadados e dados em recursos pesquisáveis.
A1	Sim	Sim	Apenas os metadados.
A1.1	Sim	Sim	Já atendia esse subprincípio e continua atendendo.
A1.2	Não	Sim	O sistema antigo não seguia o protocolo de autenticação, o atual segue.
A2	Não	Sim	Passou a ter os metadados acessíveis mesmo após



17º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC 2023
29, 30 e 31 de agosto de 2023
ISSN: 2965-2812

			não estarem disponíveis.
I1	Sim	Sim	Os Metadados continuaram com uma linguagem acessível.
I2	Não	Sim	Nos metadados foram implementados vocabulários controlados (Agrovoc).
I3	Sim	Sim	Continuaram incluindo referências apenas nos metadados.
R1	Sim	Sim	Apenas metadados continuaram sendo descritos com uma pluralidade de atributos precisos e relevantes.
R1.1	Não	Sim	Os metadados e dados passaram a receber de forma precisa, uma licença de dados clara e automática, que antes era fornecida manualmente, como texto informal, individualmente para cada interessado nos conjuntos de dados.
R1.2	Não	Não	Nem os metadados e nem os dados adquiriram essa melhoria FAIR.
R1.3	Sim	Sim	Tanto os metadados quanto os dados LiDAR mantiveram atendendo os padrões.

Dos quinze subprincípios, nove já eram atendidos pelo WebGIS e continuam sendo atendidos pelo Redape (F2, F3, F4, A1, A1.1, I1, I3, R1, R1.3), cinco não eram atendidos e passaram a ser atendidos pelo Redape (F1, A1.2, A2, I2, R1.1) e apenas um não era atendido e continua sendo um desafio a ser enfrentado (R1.2).

Ao analisarmos o princípio de encontrabilidade, no subprincípio F1, o Redape passou a contar com um identificador de objeto digital (DOI), o que significa que cada conjunto de dados publicado na plataforma possui agora um identificador único e persistente facilitando a identificação



e o rastreamento nesses conjuntos, atendendo a esse subprincípio. Em relação ao item F2, tanto o WebGIS quanto o Redape mantiveram a descrição avançada dos metadados, porém, com a curadoria realizada no Redape, os metadados foram enriquecidos. E informações que constavam como notas adicionais ou em campos inadequados foram inseridas nos campos adequados. A descrição detalhada dos metadados é essencial para fornecer informações claras sobre os dados, contribuindo para o subprincípio F4, dado que ambas as plataformas indexam os metadados em recursos pesquisáveis.

Quando se trata de acessibilidade, temos os subprincípios A1, A1.1, A1.2, A2. Para satisfazer ao A1: os metadados continuaram sendo recuperáveis, enquanto a recuperação direta dos dados é mais desafiadora e deve ser aprimorada. Para alcançar o subprincípio A1.1, tanto o WebGIS quanto o Redape continuaram exercendo a acessibilidade. O protocolo continua sendo disponível e acessível aos usuários, fornecendo informações dos conjuntos de dados. Quanto ao subprincípio A1.2, o sistema antigo não seguia o protocolo de autenticação, o atual segue, sendo possível restringir o acesso quando necessário. O subprincípio A2 passou a ser atendido após a migração dos conjuntos de dados, pois no Redape a permanência da disponibilidade dos metadados é assegurada mesmo quando os dados não estão disponíveis. Isso é importante, pois permite que os usuários obtenham informações sobre os conjuntos de dados mesmo que eles não estejam, momentaneamente ou permanentemente, acessíveis, o que melhora a transparência e a continuidade do acesso aos metadados.

Em relação à interoperabilidade, de acordo com o subprincípio I1, tanto o WebGIS quanto o Redape mantiveram uma linguagem acessível nos metadados, o que facilita a compreensão das informações por parte dos usuários, no entanto, ainda é necessário esforço para que os dados sejam representados em linguagem formal. Quanto ao subprincípio I2, foram implementados vocabulários controlados [Agrovoc (www.fao.org/agrovoc/)] para representar as palavras-chave nos metadados, o que significa que os metadados agora utilizam uma linguagem aplicável e padronizada, o que facilita a busca e a interpretação dos dados. No entanto, a melhoria da linguagem aplicável aos dados em si ainda não foi implementada, o que traz a discussão de melhorias no aspecto geral dos dados, que não possuem uma cultura de melhoria aplicada mundialmente. No subprincípio I3, os dois sistemas continuaram incluindo referências apenas nos metadados, não nos dados.



17º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC 2023 29, 30 e 31 de agosto de 2023 ISSN: 2965-2812

Finalmente, ao tratarmos de reusabilidade, tanto o WebGIS quanto o Redape mantiveram a descrição precisa e relevante dos metadados, atendendo aos padrões estabelecidos (subprincípio R1). Porém, a descrição dos dados em si ainda não atende totalmente a esses critérios. No item R1.1, com a migração dos conjuntos de dados, esse subprincípio foi totalmente atendido e seguido, pois o Redape agora apresenta uma licença de uso dos dados clara e específica, diferente do antigo sistema que apresentava uma licença não formal e não regida por lei, a qual era enviada por e-mail textualmente ao se fornecer login e senha, o que a tornava menos precisa do que a licença atual. Todos os dados foram publicados com a licença de uso CC-BY-NC, conforme ilustrado na Figura 2. O subprincípio R1.2 não era atendido anteriormente e continua sendo um desafio, pois detalhar formalmente a proveniência de dados como esses é altamente desafiador. Com relação ao subprincípio R1.3, tanto o WebGIS quanto o Redape mantiveram a conformidade com os padrões estabelecidos, tanto para os metadados quanto para os dados LiDAR. Em relação aos dados de inventário florestal, ainda há espaço para melhorias na padronização de nomes de variáveis e unidades de medida.

BRASIL CORONAVIRUS (COVID-19) Simplifique! Participe Acesso à Informação Legislação Canais

Redape Pesquisa - Guia do usuário Suporte Idioma Padrão - Nicolas Gustavo Ricci 263

TERMO DE USO

Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional .

Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa - Redape
Ao utilizar o serviço do Redape, o Usuário declara que leu, concorda e aceita os termos e as condições de uso aqui estabelecidos.
A Embrapa poderá publicar regras específicas para cada serviço ou produto, vinculadas à Política de Governança de Dados, Informação e Conhecimento ou conforme previsto em contratos celebrados.
Este Termo prevê as regras de utilização do Repositório de Dados de Pesquisa da Embrapa - Redape, acessível em <https://www.redape.dados.embrapa.br> e do tratamento de dados pessoais de seus Usuários.
O uso do serviço está sujeito à aceitação e à conformidade com todos os termos e condições aqui apresentados, assim como demais legislações, políticas institucionais, normas e procedimentos aplicáveis.

DEFINIÇÕES

Para os fins deste Termo de Uso, consideram-se:

1. **Usuário:** toda pessoa física a quem se referem os dados pessoais que são objeto de tratamento que podem acessar mediante cadastro ou livremente via Internet, o Redape.
2. **Dado pessoal:** informação relacionada ao Usuário cadastrado no Redape.
3. **Dado de pesquisa:** registro factual produzido ou utilizado como fonte primária para a pesquisa científica e tecnológica e que é necessário para validação dos seus resultados.
4. **Conjunto de dados:** coleção de dados, estruturados e passíveis de serem compartilhados e reusados em meio digital.
5. **Tratamento de dados pessoais:** toda operação realizada com dados pessoais, como as que se referem à coleta, produção, recepção, classificação, utilização, acesso, reprodução, transmissão, distribuição, processamento, arquivamento, armazenamento, eliminação, avaliação ou controle da informação, modificação, comunicação, transferência, difusão ou extração.
6. **Gestão de dados de pesquisa:** conjunto de processos que objetivam melhor gerir os dados de pesquisa. Envolve atividades diversas, como planejamento, aquisição, curadoria, classificação, avaliação, estruturação, organização, catalogação, indexação, armazenamento, arquivamento, preservação, análise, acesso, compartilhamento, disponibilização e outras relacionadas ao ciclo de vida dos dados de pesquisa.

Figura 2. Licença/ uso de dados no Redape.

Essas melhorias também incluem a melhor segurança de todos os dados do projeto, visto que os dados foram migrados de um filesystem com controle de acesso manual de usuários, o que requer a intermediação de um humano para fornecimento do acesso e traz maior risco à



integridade total dos arquivos. Agora, os dados passaram a ser alocados com segurança dentro de um repositório institucional, o que assegura a integridade e consistência dos dados. Em resumo, é possível observar que houve avanços significativos em relação a alguns subprincípios, como acessibilidade dos dados, atribuição de identificadores digitais persistentes, descrição avançada dos metadados, adoção de vocabulários controlados e atribuição de licenças de dados. No entanto, ainda existem desafios e oportunidades para melhorar a interoperabilidade e reusabilidade dos dados. A curadoria digital humana foi fundamental para viabilizar essas melhorias pois, mesmo considerando que alguns dos subprincípios são atendidos automaticamente pela ferramenta utilizada no Redape, como a atribuição de identificadores persistentes, a curadoria humana é necessária para a correta adoção de vocabulários controlados e para a descrição detalhada e adequada dos metadados. Os desafios futuros relevados por esse estudo apontam para oportunidades de melhoria para maior aderência aos subprincípios A1, I1, I2, I3, R1 em relação aos dados propriamente ditos.

Finalmente, a análise dos subprincípios FAIR, trouxe uma discussão na qual foram revelados desafios na aplicação plena desses princípios à acessibilidade, interoperabilidade e reutilização, mais precisamente nos Subprincípios A1, I1, I2, I3, R1 respectivamente, dos dados. A falta de mudanças nos dados destaca a necessidade de promover uma cultura de melhoria intensa dos dados, incentivando a disponibilização aberta, a padronização, descrição com pluralidade e proveniência detalhada, visando alcançar uma maior conformidade com os princípios FAIR.

4. CONCLUSÃO

Com a migração dos dados do Projeto Paisagens Sustentáveis do sistema próprio do projeto para o Redape, os dados tornaram-se mais aderentes aos princípios FAIR: passaram a receber um identificador único e global e persistente (DOI); as autenticações que antes eram necessárias para acessar os conjuntos de dados não existem mais, o que torna os dados mais acessíveis e legíveis por máquina; os metadados passaram a ser descritos com mais detalhes e adequação de campos; foram adotados vocabulários controlados para a representação dos dados e, por fim, uma licença de uso clara, acessível e legível por máquina passou a ser atribuída. O repositório institucional mostrou-se eficiente para a preservação de acervo tão importante para a pesquisa florestal no Brasil de acordo com as melhores práticas de gestão de dados adotadas em todo o mundo.



5. AGRADECIMENTOS

Ao programa PIBIT e ao CNPQ, meus sinceros agradecimentos pela concessão da bolsa de iniciação científica e aos colaboradores e a Embrapa Agricultura Digital, foi um prazer trabalhar com vocês neste projeto.

6. REFERÊNCIAS

Asner GP, Powell GV, Mascaro J, Knapp DE, Clark JK, Jacobson J, Kennedy-Bowdoin T, Balaji A, Paez-Acosta G, Victoria E, Secada L, Valqui M, Hughes RF. **High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon**. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010 Sep 21;107(38):16738-42. doi: 10.1073/pnas.1004875107. Epub 2010 Sep 7. PMID: 20823233; PMCID: PMC2944749.

de Lima, R.A.F., Phillips, O.L., Duque, A. et al. **Making forest data fair and open**. Nat Ecol Evol 6, 656–658 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01738-7>

Jensen, J.R. (2009) **Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. Translated by: Epiphânio, J.C.N., Formaggio, A.R., Santos, A.R., Rudorff, B.F.T., Almeida, C.M., Galvão, L.S., Parêntese, São José dos Campos, 598 p.

Longo, M., Keller, M., Dos-santos, M.N., Leitold, V., Pinagé, E.R., Baccini, A., Saatchi, S., Nogueira, E.M., Batistella, M., Morton, D.C. 2016. **Aboveground biomass variability across intact and degraded forests in the Brazilian Amazon**. Global Biogeochemical Cycles 30, 11, p. 1639-1660. doi: 10.1002/2016GB005465

Palace M, Sullivan FB, Ducey M, Herrick C. **Estimating tropical forest structure using a terrestrial lidar**. PLoS ONE. 2016;11(4):e0154115. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154115>.

Pesquisadores participam de treinamento sobre LiDAR na Nasa. Embrapa, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/1479692/pesquisadores-participam-de-treinamento-sobre-lidar-na-nasa>>. Acesso em: 20 maio. 2023.

Tejada, G., Görgens, E.B., Espírito-Santo, F.D.B. et al. **Evaluating spatial coverage of data on the aboveground biomass in undisturbed forests in the Brazilian Amazon**. Carbon Balance Manage 14, 11 (2019). <https://doi.org/10.1186/s13021-019-0126-8>

Wilkinson MD, Dumontier M, Aalbersberg IJ, Appleton G, Axton M, Baak A, Blomberg N, Boiten JW, da Silva Santos LB, Bourne PE, Bouwman J, Brookes AJ, Clark T, Crosas M, Dillo I, Dumon O, Edmunds S, Evelo CT, Finkers R, Gonzalez-Beltran A, Gray AJ, Groth P, Goble C, Grethe JS, Heringa J, 't Hoen PA, Hooft R, Kuhn T, Kok R, Kok J, Lusher SJ, Martone ME, Mons A, Packer AL, Persson B, Rocca-Serra P, Roos M, van Schaik R, Sansone SA, Schultes E, Sengstag T, Slater T, Strawn G, Swertz MA, Thompson M, van der Lei J, van Mulligen E, Velterop J, Waagmeester A, Wittenburg P, Wolstencroft K, Zhao J, Mons B. **The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship**. Sci Data. 2016 Mar 15;3:160018. doi: 10.1038/sdata.2016.18. Erratum in: Sci Data. 2019 Mar 19;6(1):6. PMID: 26978244; PMCID: PMC4792175.