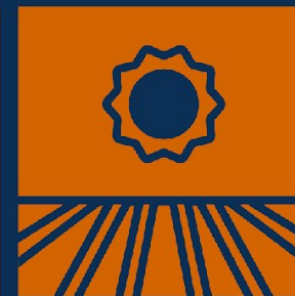




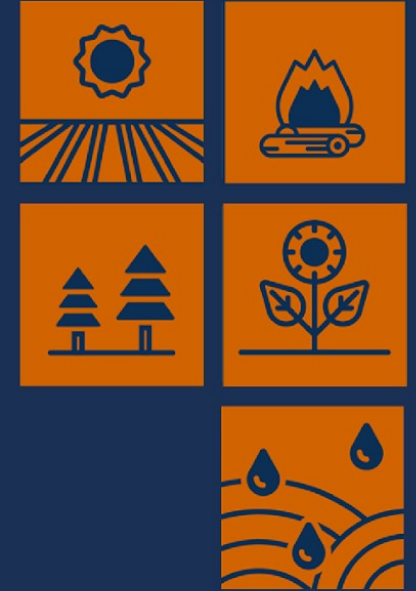
COPERNICUS PARA SETORES FLORESTAL E AGRÍCOLA EM PORTUGAL

Direção Geral do Território, Lisboa



**18 e 19
dezembro
2023**





Modelling Forests Carbon Monitoring

Francesco Minunno



| former Yucatrote

ABOUT SILVANALYTICS

Somos especializados em simulações de crescimento florestal e monitorização de carbono.

Com uma equipe experiente em modelação florestal e análise de dados, fornecemos soluções abrangentes para ajudar os clientes a **quantificar, gerir e otimizar seus recursos florestais**, garantindo ao mesmo tempo o crescimento sustentável e o sequestro de carbono.

AS NOSSAS FERRAMENTAS

Modelação florestal

Utilizamos diferentes tipos de modelos florestais que simulam o crescimento da floresta e quantificam o balanço de C.

Data analysis & Data Assimilation

Utilizando técnicas computacionais modernas, integramos múltiplas fontes de dados em framework de modelagem florestal para alcançar às necessidades específicas de nossos clientes.

Quantificação da incerteza & Scenario analysis

As ferramentas utilizadas permitem-nos quantificar a incerteza nos inputs dos modelos. Nas simulações podemos integrar diferentes cenários de alterações climáticas, práticas de gestão e perturbações (ex. incêndios, pragas, etc...)

O NOSSOS SERVIÇOS

MODELOS E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

**PLANEAMENTO DA GESTÃO FLORESTAL A
DIFERENTES ESCALAS**

CENÁRIOS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

MONITORIZAÇÃO DO CARBONO NAS FLORESTAS

Modelos florestais (calibragem e desenvolvimento)

Os nossos modelos podem ser continuamente melhorados e ajustados para satisfazer as necessidades específicas dos clientes.

Model - Data fusion: diferentes fontes de dados podem ser usadas para calibrar e melhorar a estrutura dos modelos.

Fontes de dados: imagens de satélite, LiDAR e dados de campo, que estimam com precisão atributos florestais, tais como espécies de árvores, densidade, altura e volume. Estes dados podem ser integrados nos modelling framework.

Planeamento da gestão florestal a diferentes escalas

Através do up-scaling, pode-se planear a **gestão sustentável das florestas** em diferentes escalas espaciais, desde o nível local até o nível nacional.

Acompanhamos os clientes no desenvolvimento de planos de gestão florestal que equilibrem **objetivos económicos, ecológicos e sociais**. A nossa equipa ajuda a otimizar a produção de madeira, a conservação da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, garantindo ao mesmo tempo a saúde e a resiliência das florestas a longo prazo.


Os cenários de gestão são integrados nos framework de modelação, a fim de identificar os **trade-offs entre carbono, biodiversidade e produção de madeira.**

Ambio 2023, 52:1737–1756
<https://doi.org/10.1007/s13280-023-01899-0>



CARBON SEQUESTRATION AND BIODIVERSITY IMPACTS IN FORESTED ECOSYSTEMS

Effect of forest management choices on carbon sequestration and biodiversity at national scale

Annikki Mäkelä , Francesco Minunno, Heini Kujala, Anna-Kaisa Kosenius, Risto K. Heikkinen, Virpi Junntila, Mikko Peltoniemi, Martin Forsius

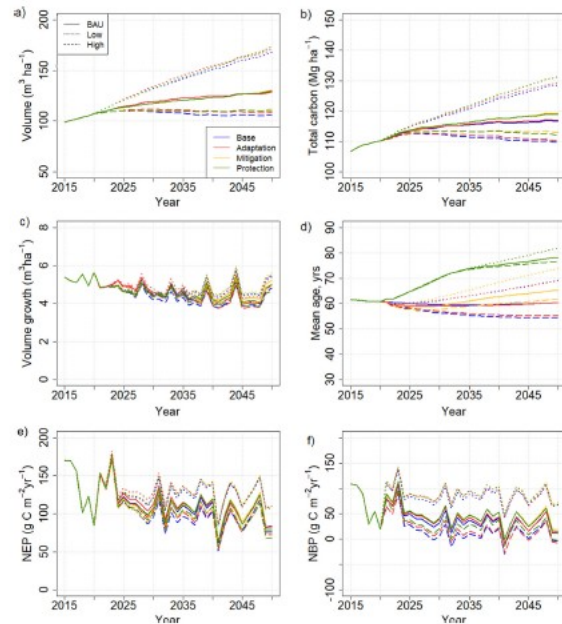
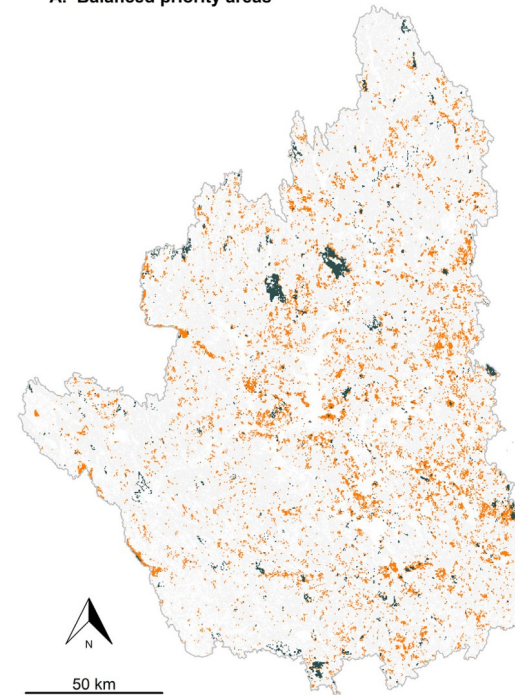
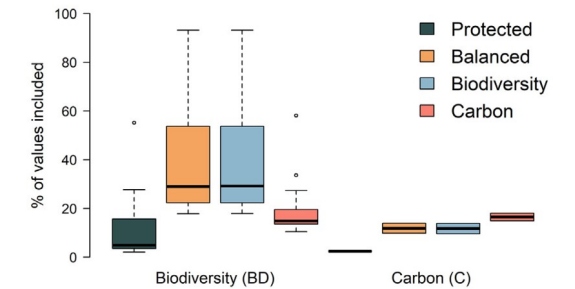


Fig. 6 C balance indicator variables in demand-driven scenarios with current protection area. **a** Standing volume, **b** total C stock in trees, soil and ground vegetation, **c** annual growth, **d** mean stand age, **e** net ecosystem production (NEP), **f** net biome production (NBP) = net ecosystem production—harvests

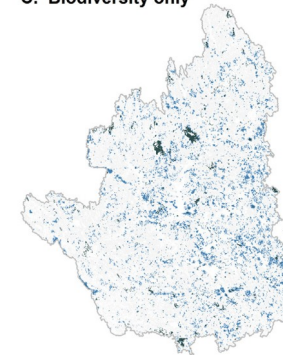
A. Balanced priority areas



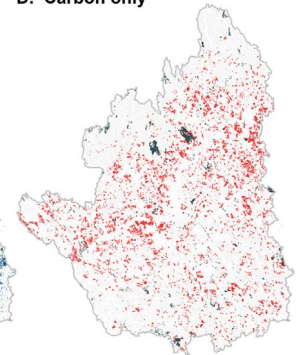
B. Coverage of BD and C values



C. Biodiversity only



D. Carbon only



Examples from landscape prioritization for biodiversity and carbon in the Kokemäenjoki river basin (from Forsius et al., 2021)


Estimativa para o alcance da **neutralidade** de **C** sob diferentes cenários de gestão.

Ambio 2023, 52:1757–1776
<https://doi.org/10.1007/s13280-023-01860-1>



CARBON SEQUESTRATION AND BIODIVERSITY IMPACTS IN FORESTED ECOSYSTEMS

Modelling the regional potential for reaching carbon neutrality in Finland: Sustainable forestry, energy use and biodiversity protection

Martin Forsius , Maria Holmberg, Virpi Junttila, Heini Kujala, Torsti Schulz, Ville-Veikko Paunu, Mikko Savolahti, Francesco Minunno, Anu Akujärvi, Jaana Bäck, Juha Grönroos, Risto K. Heikkinen, Niko Karvosenoja, Annikki Mäkelä, Ninni Mikkonen, Minna Pekkonen, Katri Rankinen, Raimo Virkkala

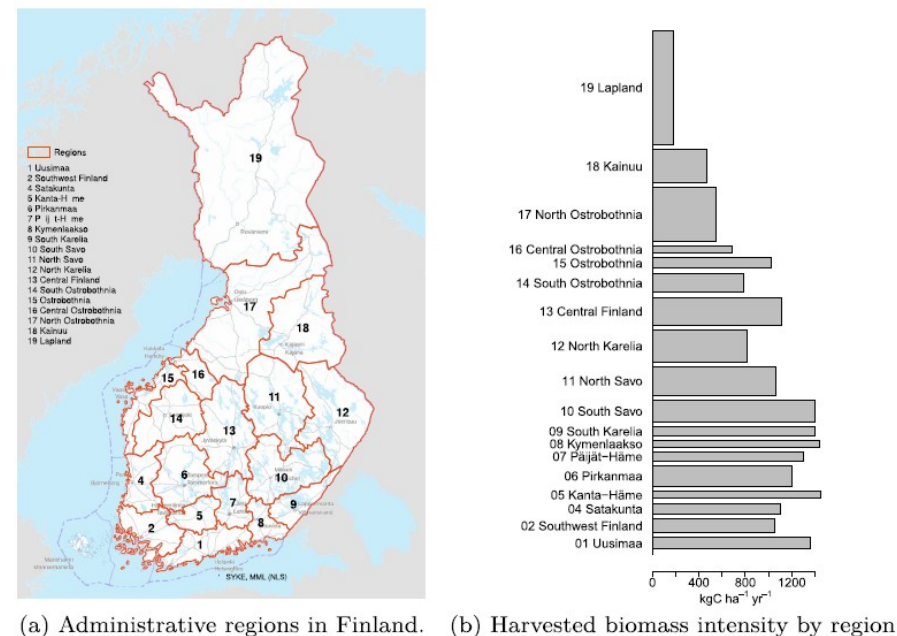


Fig. 1 Administrative regions with region IDs in Finland (a); Average region level harvested biomass per study area (generated from harvest statistics of period 2015–2021) as bar widths on the x-axis and relative region level study area as bar heights on y-axis (b)

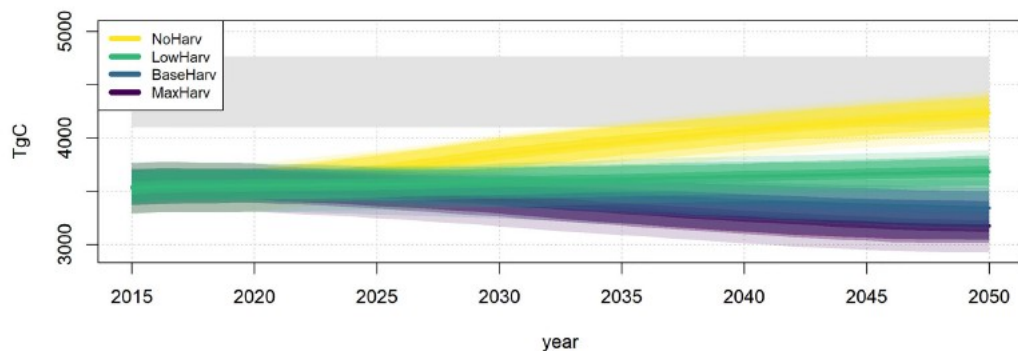


Fig. 5 Time development of the estimated carbon storage in the forested ecosystem (trees + ground vegetation + soil, TgC) in Finland assuming different forest harvesting intensity scenarios (PREBAS model, see Table 2), compared with the estimated maximum C storage potential (horizontal shaded grey area). The model runs have been made assuming current climate conditions and uncertainty estimates of the scenarios are shown. The maximum C storage potential was estimated by running the PREBAS model with the NoHarv scenario for 100 years until 2120

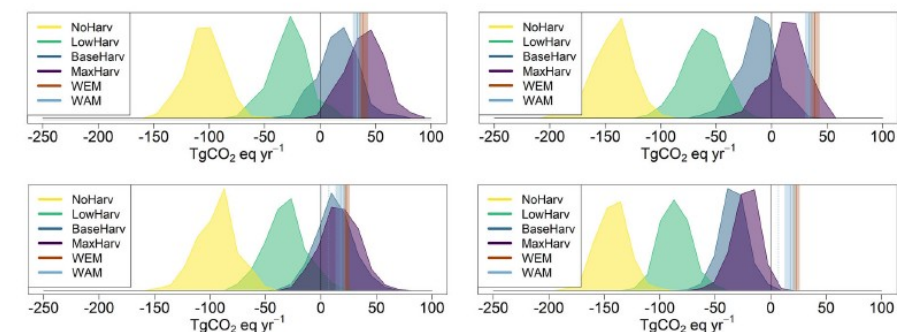


Fig. 3 Uncertainty distributions of modelled emissions ($TgCO_2 eq yr^{-1}$) for net GHG emissions of forests (NBE) assuming four harvesting scenarios (PREBAS model, areas) and anthropogenic emission scenarios WEM and WAM (FRES model, vertical bands). The simulations represent years around 2030 (top) and 2050 (bottom). PREBAS results are shown for current climate (left) and the RCP4.5 climate change scenarios (right). Positive values indicate emissions and negative values sinks. See Table 2 for definition of time periods and average and 95% uncertainty values of the scenarios. Overlapping distributions of the two models indicate decreasing probability to achieve a balance between the sources and sinks of GHGs (i.e., C neutrality) in Finland for the different scenarios. The thin vertical line for the WAM scenario in 2050 is based on assumptions of large-scale CCS/BECCS implementation ($8.6 TgCO_2 eq a^{-1}$). See text for details

Cenários de alterações climáticas

Nas simulações integramos a incerteza associada às **alterações climáticas** através da utilização de diferentes modelos e cenários.

Com **análises de risco**, contabilizamos o impacto que potenciais perturbações podem ter na produtividade das florestas, como incêndios, ataques de pragas e secas.



Quantification of forest carbon flux and stock uncertainties under climate change and their use in regionally explicit decision making: Case study in Finland

Virpi Junttila , Francesco Minunno, Mikko Peltoniemi, Martin Forsius, Anu Akujärvi, Paavo Ojanen, Annikki Mäkelä

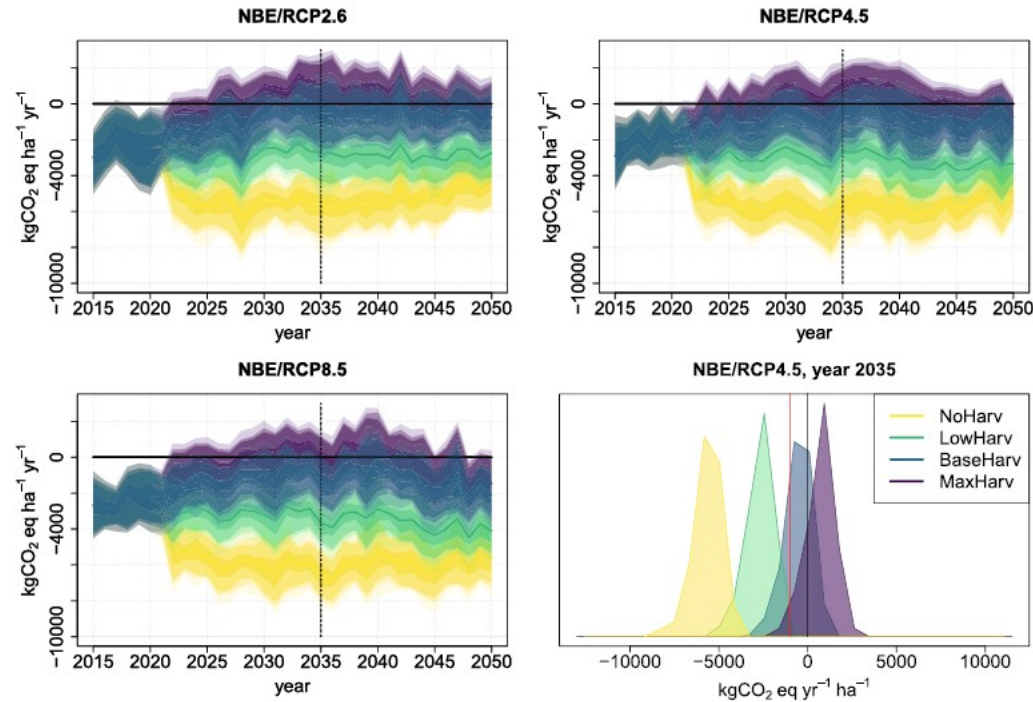
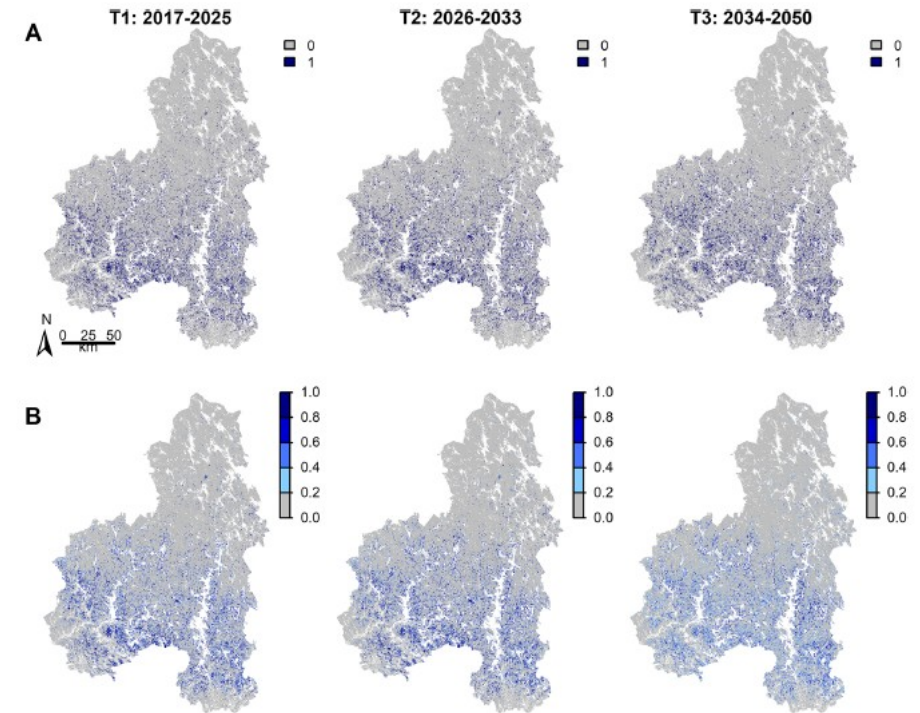


Fig. 3 Country level average NBE as a harvest intensity scenario-dependent time-series under RCP2.6 (top left panel); RCP4.5 (top right panel); and RCP8.5 (bottom left panel). In these panels, the vertical line shows the carbon neutrality target year 2035. The year 2035 probability distributions under RCP4.5 are shown in bottom right panel, where red line represents NBE value $-1000 \text{ kgCO}_2 \text{ eq ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$



Role of data uncertainty when identifying important areas for biodiversity and carbon in boreal forests

Heini Kujala , Francesco Minunno, Virpi Junttila, Ninni Mikkonen, Annikki Mäkelä, Raimo Virkkala, Anu Akujärvi, Niko Leikola, Risto K. Heikkinen



Forest carbon monitoring

Através de sistemas de **monitorização de carbono**, estimamos os stocks e fluxos de carbono em florestas a diferentes escalas com resolução média-alta (10x10m).

Os nossos algoritmos permitem-nos monitorizar as taxas de sequestro de carbono, identificar áreas com elevado potencial de armazenamento e desenvolver estratégias para melhorar o sequestro de carbono. **Esta informação pode ser utilizada por empresas que pretendam compensar as suas emissões de carbono ou cumprir acordos climáticos internacionais.**



Forest Carbon
Monitoring

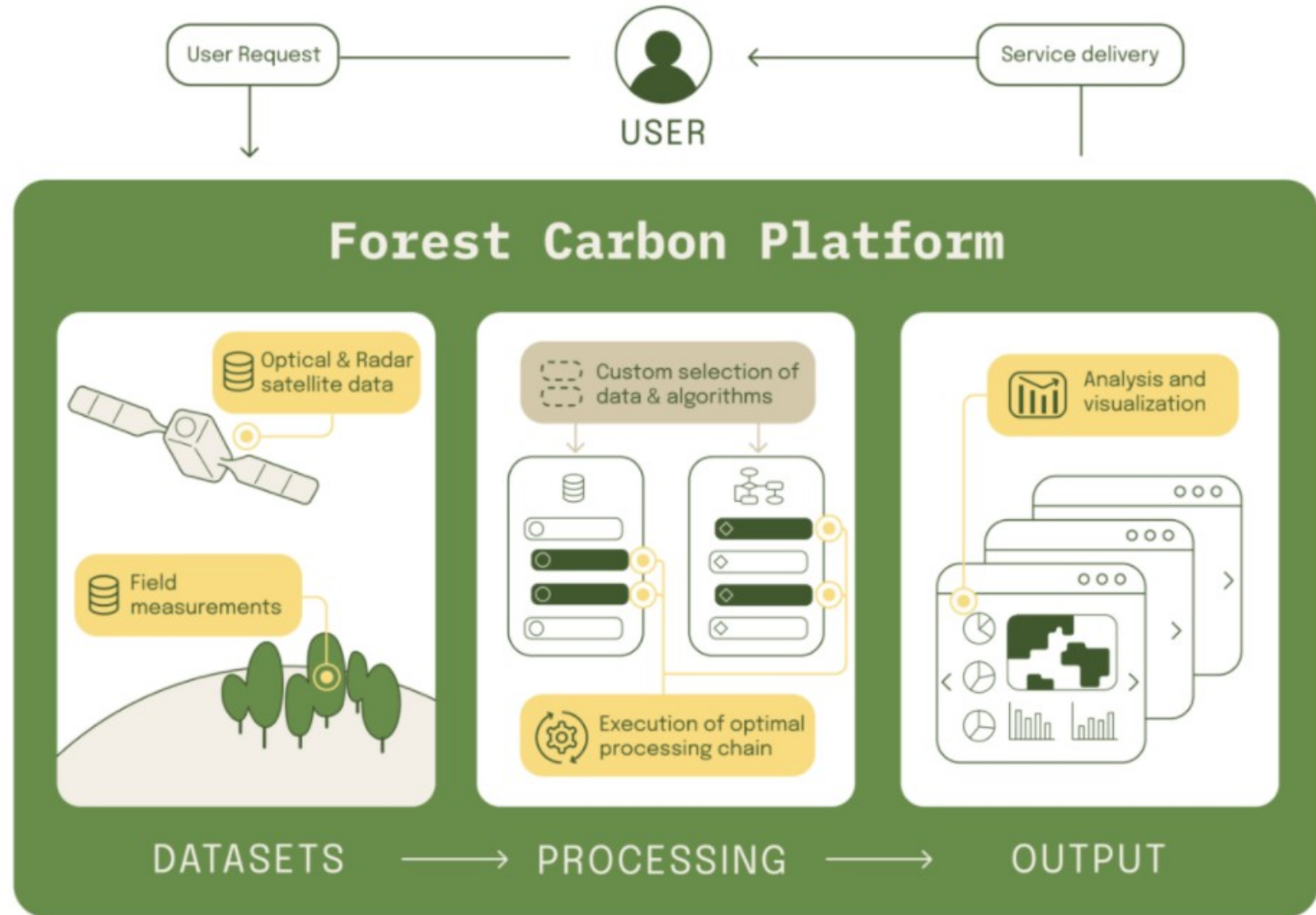
Forest Carbon Monitoring project



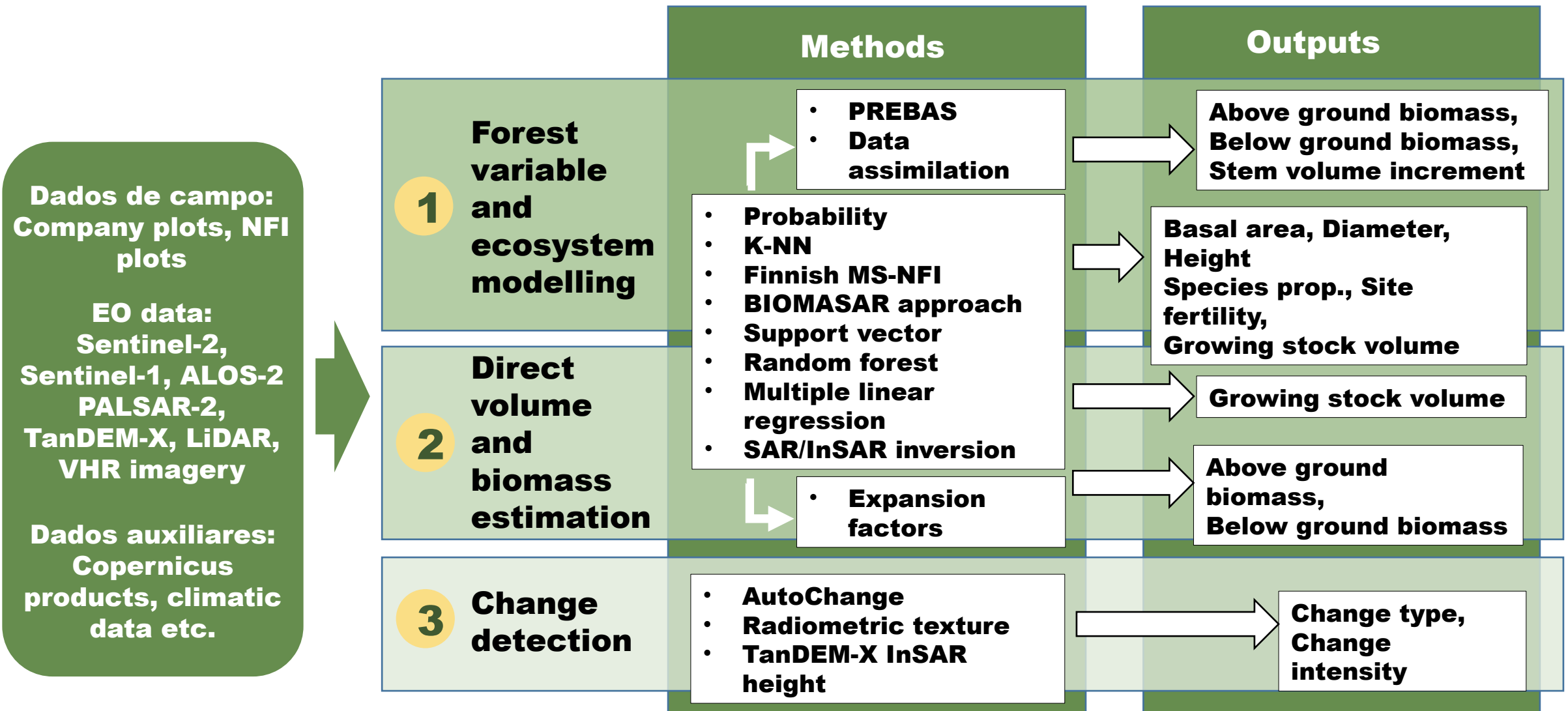
Objetivo: desenvolver e implementar um protótipo de plataforma para a monitorização e contabilização de stocks de carbono. A plataforma pretende funcionar como um protótipo de um sistema operacional para monitoramento standard de biomassa florestal e carbono.

Características principais

- 1 **Integração de dados in-situ e de remote sensing.**
- 2 **Integração no sistema de modelos florestais.**
- 3 **Flexibilidade para as necessidades dos usuários, desde monitoramento de áreas de empresas privadas até análises regionais, nacionais e continentais.**



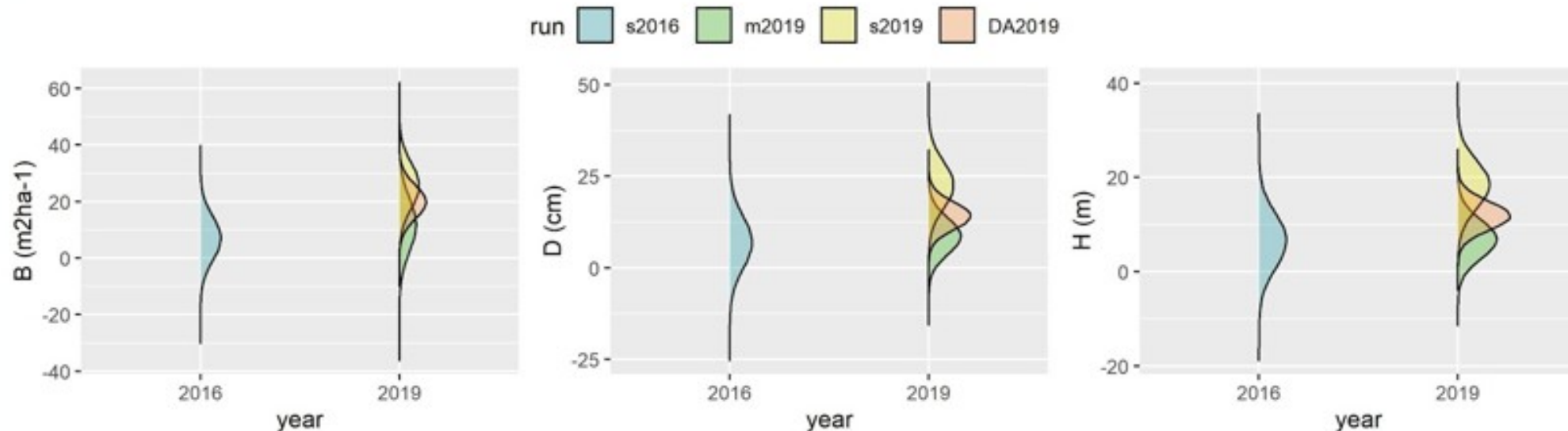
Três caminhos principais na avaliação do algoritmo



Data assimilation

Etapas para data assimilation:

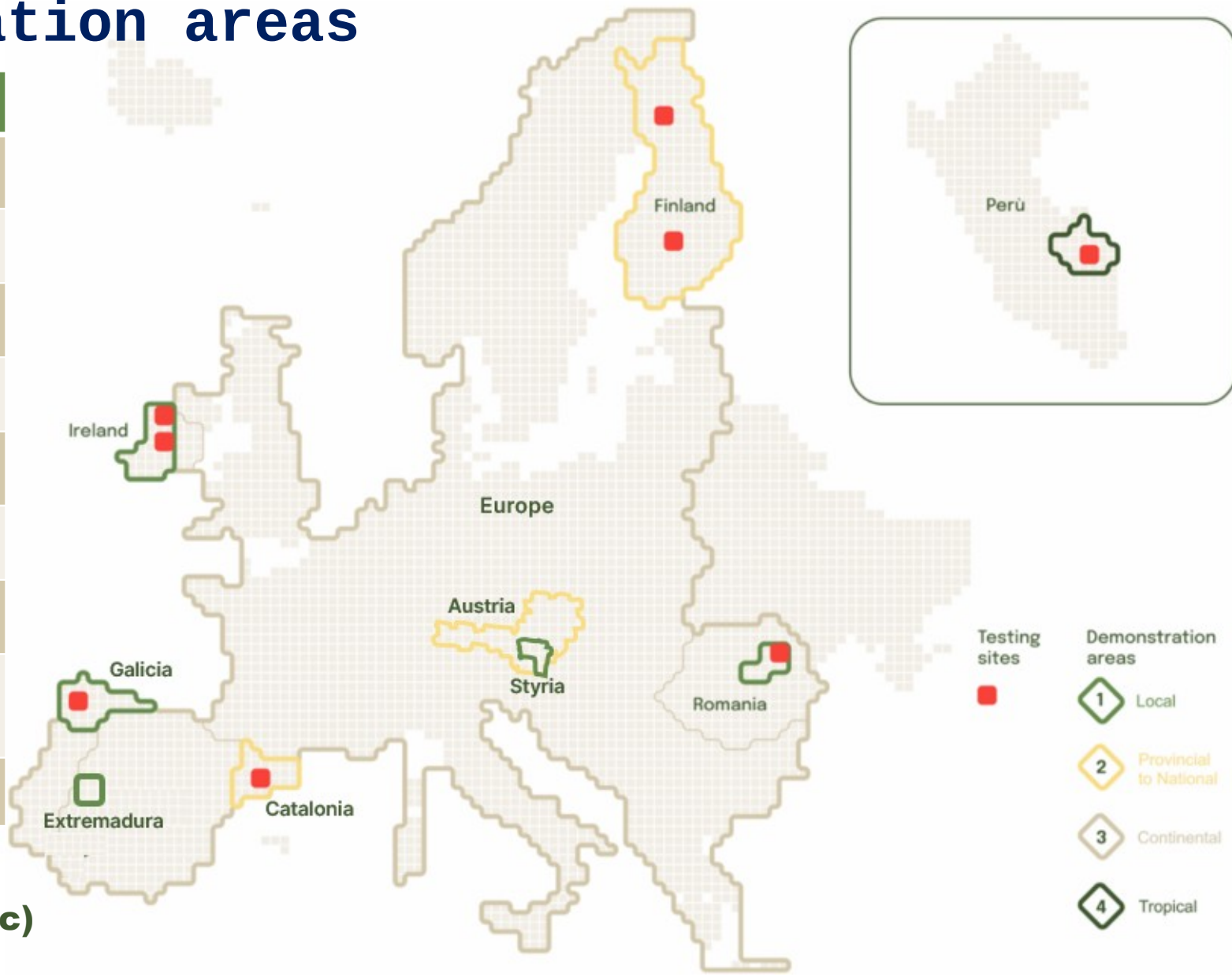
1. O modelo é inicializado com estimativas baseadas em EO de 2016. Simulações de Monte Carlo são usadas para explicar a incerteza do estado inicial.
2. As previsões do modelo para 2019 são combinadas com novas estimativas baseadas em EO para 2019.
3. Novos mapas para 2019 com base nos resultados da DA são produzidas .



The blue, green and yellow distributions represent, respectively, the uncertainty of Sentinel 2 based estimates for 2016 (s2016), model predictions for 2019 (m2019) and Sentinel 2 estimates for 2019 (s2019). The distribution of the data assimilation results are reported in red (DA2019).

Testing and Demonstration areas

Demo area	Demo type	Method	Years
1. Finland	National	MS-NFI+ PREBAS	2017 + 2019
2. Ireland	Company 8 tiles	Probability + PREBAS	2019 + 2020 +2021
3. Romania	Company 3 tiles	kNN + PREBAS	2019 + 2020 +2021
4. Catalonia	Regional 8 tiles	kNN + PREBAS	2019 + 2020
5. Galicia	Company 5 tiles	Probability + PREBAS	2019 + 2020 +2021
6. Extremadura	Provincial 1 tile	Probability + PREBAS	2017 + 2022
7. Peru	Provincial 16 tiles	Probability + PREBAS	2020 + 2021
8. Europe	Continenta I 746 tiles	BIOMASAR	2020 + 2021
9. Austria	National 14 tiles	Variable	variable



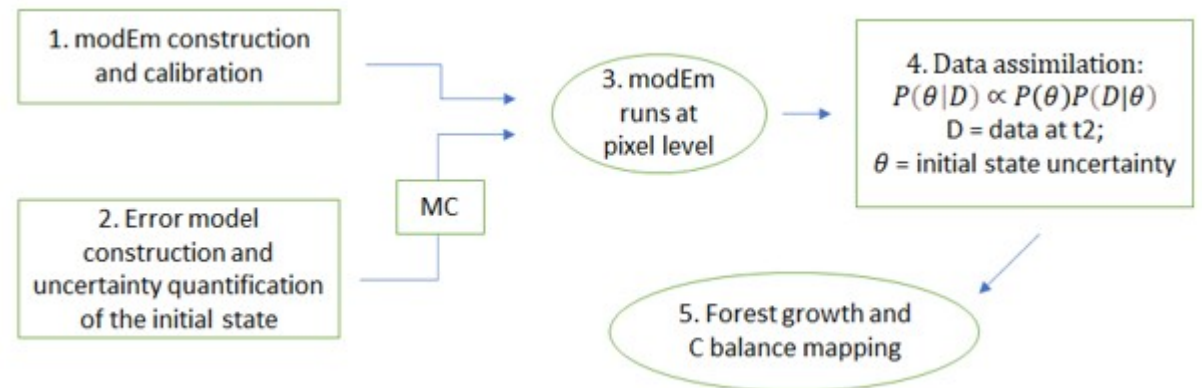
EO data:

- Peru Sentinel-2 + PALSAR-2 (mosaic)
- Europe Sentinel-1 + PALSAR2-2 (mosaic)
- All others Sentinel-2 + Sentinel-1

CCN1 Styria demonstration

- **Objectivo:**
 - **Demonstrar a viabilidade da estimativa da estrutura florestal, modelação de ecossistemas e assimilação de dados para biomassa florestal e monitorização de carbono em ambiente alpino.**
- **Specifications:**
 - **Anos 2015, 2018, 2021**
 - **3 Sentinel-2 tiles**
 - **Sentinel-2 + Sentinel-1 data**
- **Model calibration**
 - **O modelo PREBAS foi calibrado com dados the inventario florestal permanentes da Austria.**
- **Data assimilation**
 - **Foi utilizada a estatistica Bayesiana.**

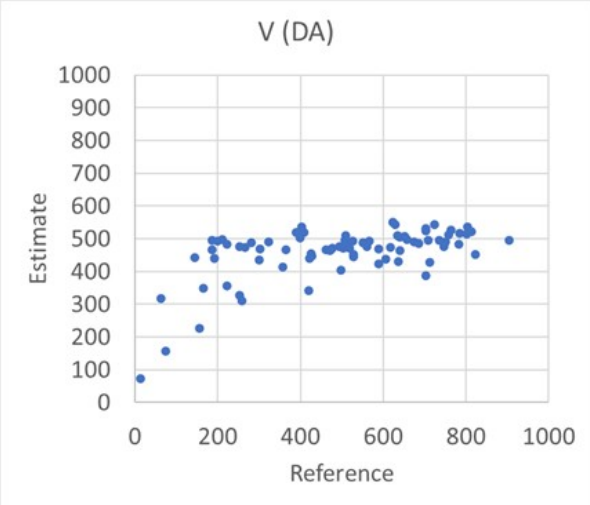
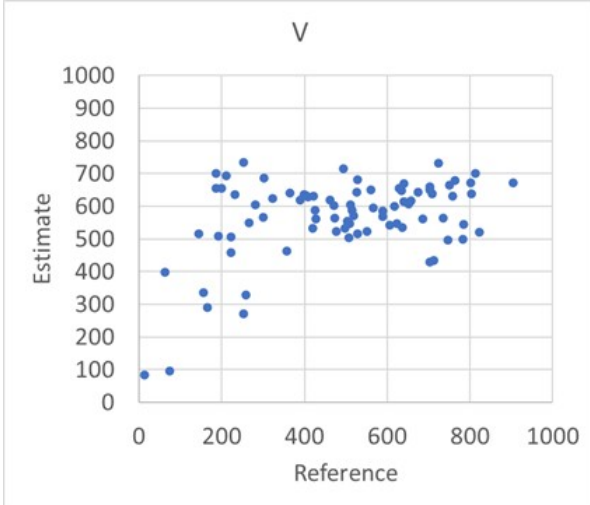
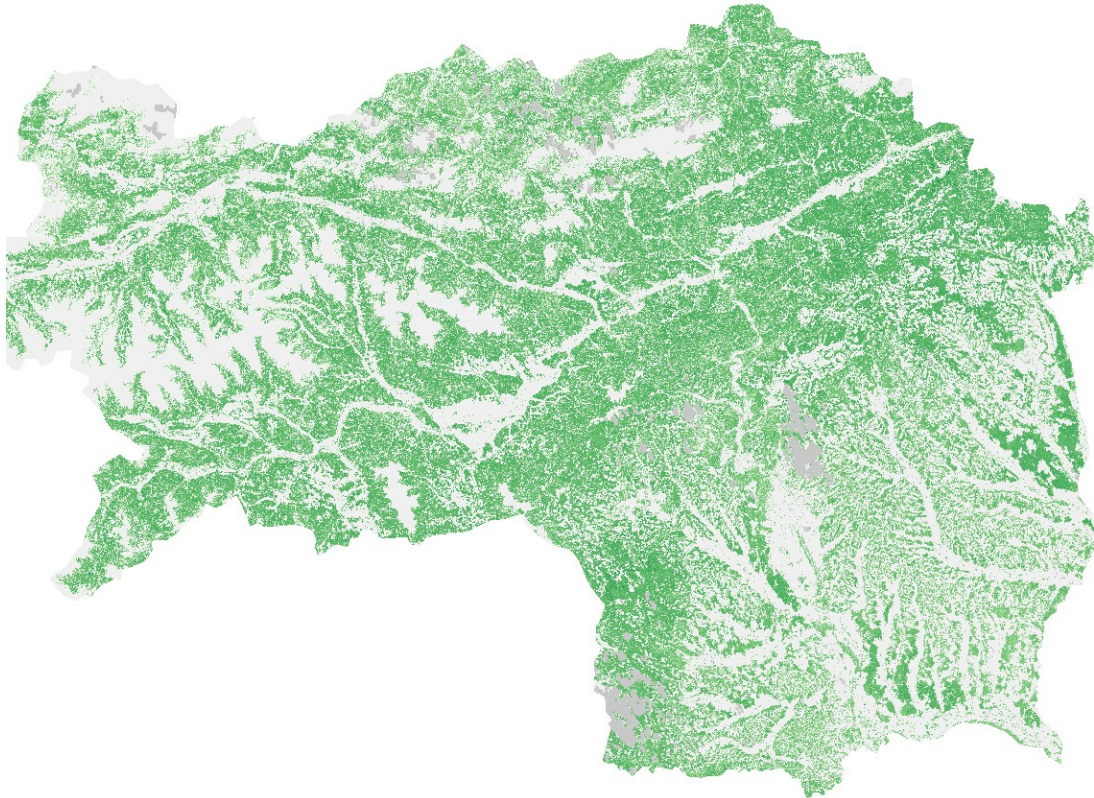
Dataset	N of plots	Plot type/size
JR field data	1179	Bitterlich plot
NFI field plots	1134	Permanent plot
ALS	~84	10 x 10 m (to match a pixel)



Data Assimilation results

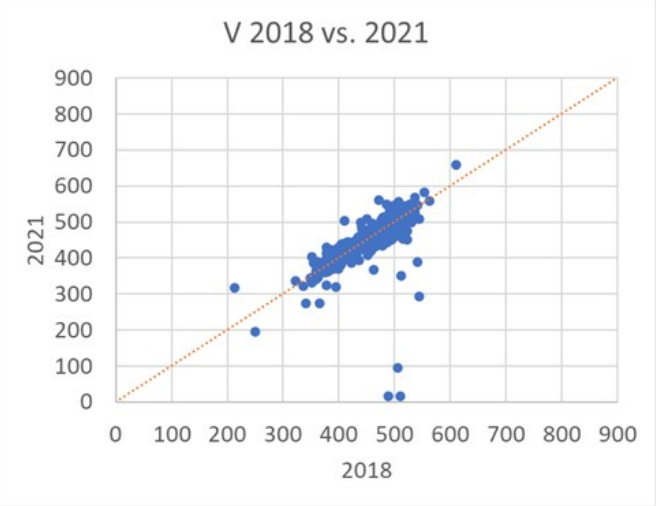
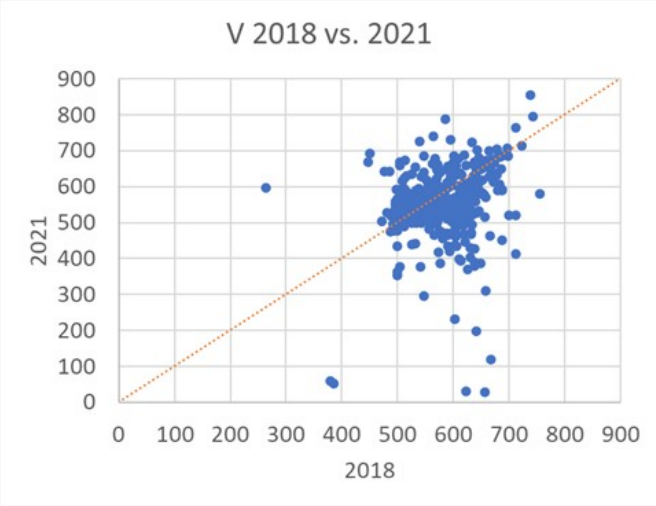
Uncertainty metrics of LiDAR plots 2021

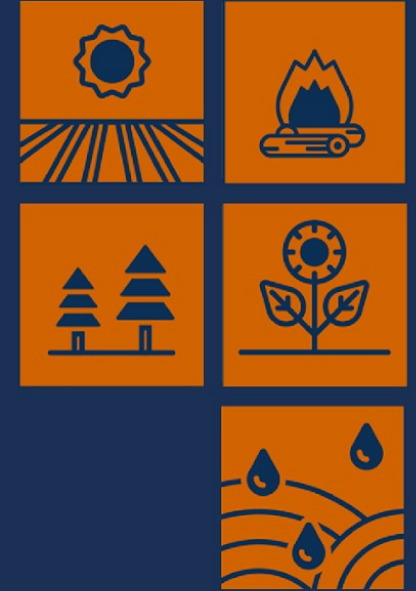
	H	H (DA)	V	V (DA)
RMSE	5,40	4,81	218,48	198,76
RMSE %	21,4	19,1	43,3	39,2
Bias	0,70	-0,41	63,58	-48,03
Bias %	2,8	-1,6	12,6	-9,5



Scatter plots of LiDAR 2021 without (left) and with DA (right)

Year-to-year consistency of GSV without (left) and with DA (right)





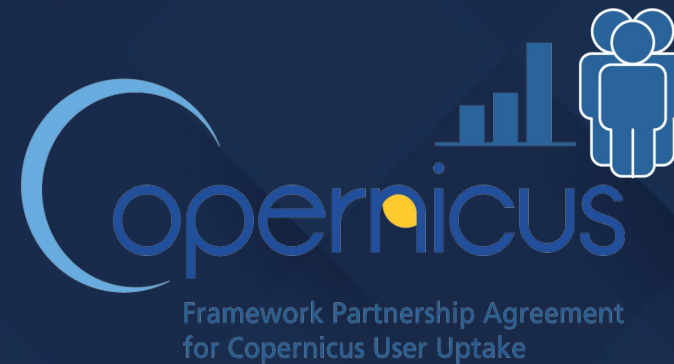
Conclusões:

Os modelos são ferramentas importantes que podem ser utilizadas no planeamento da gestão florestal e na definição de estratégias eficazes de mitigação das alterações climáticas.

Model data fusion: os dados podem ser constantemente integrados nos modelling frameworks para aumentar a robustez e a confiabilidade das previsões.

Quantificar as incertezas é crucial para uma melhor compreensão das previsões de modelagem e para reduzir as fontes de erro.

MUITO OBRIGADO



O projeto FPCUP é financiado pela Comissão Europeia sob o FPA no.: 275/G/GRO/COPE/17/10042