

Relatório Restaura Cocó
Grupo de trabalho: Vegetação
Ênfase: Manguezal

Estudos de restauração e regeneração da vegetação, atividades relacionadas aos estudos de regeneração natural do Mangue 2 e atividades de plantio e monitoramento das plantas

Bolsista BIT-PIP, Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa

Fortaleza
2025

Apresentação

Este relatório apresenta os produtos da participação do bolsista BIT-PIP, Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa, e sua equipe nas ações do primeiro ano do Projeto Restaura Cocó. Esta participação envolveu contribuições nos estudos de **Restauração da vegetação**, envolvimento com atividades relacionadas aos estudos de **regeneração natural do Mangue 2** e atividades de **plantio e monitoramento das plantas**. Além do bolsista a equipe contou com a participação dos estudantes de graduação Lucas Herbert Carlos Rodrigues, Graduando em Ciências Biológicas e bolsista PIBIC-UFC, Gustavo Sousa Linhares, Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária e bolsista IC voluntário e Mateus de Oliveira Silva, mestrando do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais/UFC

Regeneração natural do Mangue 2

Nesta atividade, estava prevista a amostragem da regeneração natural ocorrida após o incêndio na área de Manguezal atingida pelo fogo. A proposta era testar diferentes tipos de sub amostragem da regeneração natural nas amostras implantadas para monitoramento do plantio de espécies arbóreas de mangue na área de manguezal afetada. Dessa forma, a amostragem da regeneração era dependente do estabelecimento das parcelas de monitoramento da vegetação. O estabelecimento das parcelas ocorreu nos meses de fevereiro a maio de 2025, coincidindo com o período chuvoso, quando o alagamento das áreas de estudo pelas chuvas impossibilitou estudos com plantas de pequeno porte que constituem o estrato regenerante. Todavia, o delineamento desenvolvido para o monitoramento o reflorestamento da área afetada (ver abaixo), inclui o acompanhamento da regeneração natural, contemplando essa atividade específica na próxima etapa do projeto.

Além da amostragem do estrato regenerante, discutida acima, estamos adotando uma abordagem complementar para compreender como os fatores ambientais afetam o desenvolvimento e, portanto, o desempenho de regeneração assim com as respostas de espécies de árvores de manguezal às perturbações passadas. Essa abordagem consiste no uso de anéis de crescimento para reconstituir o desempenho passado das árvores de manguezal, e buscar evidências de condicionantes ambientais das variações de crescimento. Para isso, estamos utilizando amostras dos troncos de árvores que foram mortas durante o incêndio. Essa atividade consiste no projeto de dissertação de mestrado do aluno Mateus de Oliveira Silva. Segue abaixo um detalhamento das ações desenvolvidas.

Dendrocronologia aplicada ao estudo de espécies arbóreas de manguezais

O estudo se propôs a desenvolver, a partir de material coletado no Parque Estadual do Cocó (PEC), pesquisa de caráter dendroecológico com amostras de indivíduos mortos no incêndio de 2024. A dendroecologia consiste em um ramo de aplicação da dendrocronologia, ciência que se vale do metabolismo sazonal de plantas para mensurar sua idade e relacionar o seu crescimento com variáveis climáticas, ambientais e ecológicas (SPEER, 2010).

O principal produto de um estudo dendrocronológico é a cronologia de uma população em uma determinada área. Essa cronologia pode ser entendida como a correlação do crescimento entre os indivíduos dessa população; em outras palavras, a constatação de que a maioria dos indivíduos respondem metabolicamente da mesma forma às condições ambientais, climáticas e ecológicas. Dessa forma, podemos utilizar uma cronologia para associar o crescimento da população com essas variáveis, abrindo possibilidade para responder a várias perguntas sobre o que afeta o desempenho da espécie naquela área.

A dendrocronologia foi, durante muito tempo, considerada aplicável somente em regiões temperadas, em que há sazonalidade climática bem delimitada. Isso se deve à resposta das árvores ao regime climático, apresentando característica adaptativa para ativar o metabolismo associado ao crescimento apenas durante épocas favoráveis do ano, permanecendo dormente durante períodos inóspitos. Essa resposta fisiológica demarca no lenho da árvore anéis de crescimento anuais, o que proporciona um histórico de crescimento ao longo dos anos para cada indivíduo que cresce sob essas condições. Entretanto, diversos estudos em regiões tropicais demonstram o potencial dendrocronológico para várias espécies de árvores, em especial as que habitam ecossistemas que possuem algum tipo de sazonalidade dos fatores que influenciam o seu crescimento (ROZENDALL; ZUIDEMA, 2010; ARAGÃO *et al.*, 2022).

Dessa forma, esse potencial também ocorre em manguezais que possuem sazonalidade bem delimitada do seu regime hídrico, o principal condicionante de crescimento de espécies arbóreas, e já foi explorado em alguns estudos, principalmente na Ásia e nas Américas (ESTRADA *et al.*, 2006; ROBERT *et al.*, 2010; CHOWDHURY; *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2016). No Brasil, temos registro de ocorrência de anéis de crescimento anual para duas espécies: *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* (ESTRADA *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2016). Entretanto, a área afetada pelo incêndio no PEC causou mortalidade de *L. racemosa* e *Avicennia germinans*, principalmente, o que nos impossibilitou considerar *R. mangle*. Haja visto o potencial para estudos dendrocronológicos para espécies de mangue, o registro de anéis de crescimento em pelo menos uma das espécies afetadas pelo incêndio e o caráter sazonal de pluviosidade que alimenta o Rio Cocó, a pesquisa tem base na literatura e material disponível para coleta no PEC, o que nos permitiu prosseguir com a

condução de um estudo para investigar o potencial dendrocronológico das populações dessas duas espécies que afetadas pelo incêndio no PEC.

Estudos anteriores em ecossistemas de manguezal, como o realizado na floresta do Sundarbans, atualmente sob considerável pressão antrópica, evidenciam os efeitos de alterações hidrológicas sobre a dinâmica ecológica local. Com base em análises dendrocronológicas da espécie *Cynometra ramiflora* (Fabaceae), típica do sub-bosque, Chowdhury *et al.* (2024) demonstraram que a construção de uma barragem no principal rio que alimenta o estuário resultou na redução do aporte de água doce e, consequentemente, no aumento gradual da salinidade do solo. Essa modificação levou à diminuição do crescimento radial da espécie e à intensificação de sua dependência de eventos de monção, que proporcionam condições de crescimento mais favoráveis.

De maneira análoga, a nossa pesquisa se propõe a contribuir para a compreensão dos impactos de distúrbios ambientais sobre o manguezal do Rio Cocó, considerando tanto eventos recentes, como o incêndio, quanto processos históricos relacionados à urbanização da bacia hidrográfica. Assim, buscamos contribuir para a compreensão de como essas alterações interferem no crescimento das populações arbóreas de mangue e na integridade ecológica do ecossistema, reforçando a relevância da manutenção de condições ambientais adequadas para a conservação de seus serviços socioecológicos.

Metodologias utilizada

Para a construção de uma cronologia, principalmente de espécies pouco estudadas, o maior número possível de amostras é necessário para contornarmos diversas dificuldades desse processo. Portanto, com base na literatura (SPEER, 2010; ARAGÃO *et al.*, 2022), coletamos no início de janeiro de 2025 discos de 20 indivíduos de cada espécie mortos no incêndio, com o apoio essencial da equipe de servidores do PEC. O total de 40 discos foram levados à UFC, onde iniciamos o tratamento das amostras, deixando-as secar (figura 1) em casa de vegetação (similar a uma estufa).



Figura 1. Amostras coletadas no PEC durante processo de secagem, armazenadas em casa de vegetação da UFC.

Após a secagem, algumas amostras foram selecionadas para iniciar o polimento, etapa em que tratamos a superfície do disco com lixas de numeração progressivamente mais altas, da 80 até a 1500, a fim de obter o máximo de clareza das características anatômicas da madeira. Entretanto, essa etapa foi interrompida diversas vezes pela chuva, pois o local em que executamos o trabalho é aberto, o que impediu que realizássemos o polimento devido ao risco de danificarmos as amostras e os equipamentos. Em meados de abril, conseguimos polir adequadamente 10 amostras, 5 de cada espécie (figuras 2), digitalizamos a superfície dos discos polidos e iniciamos o processo de análise em programas específicos para estudos dendrocronológicos (CooRecorder, Cdendro, COFECHA). Essa etapa é morosa, principalmente pelo caráter de descobrimento do padrão de marcação dos anéis de crescimento que as espécies apresentam, que é bastante variável em nível de população e de indivíduo.



Figura 2. Compilado das imagens digitalizadas das amostras polidas. Acima estão as cinco amostras de *A. germinans*, abaixo as de *L. racemosa*.

Resultados preliminares

Devido às diversas dificuldades enfrentadas ao longo do desenvolvimento da pesquisa, ainda não obtivemos as cronologias. Para *A. germinans*, a perspectiva é de que não conseguiremos construir a cronologia no presente estudo, pois a espécie apresenta uma série recorrente de bifurcações no que acreditamos ser os limites de crescimento, o que gera incertezas significativas durante o processo de marcação dos anéis (figura 3).

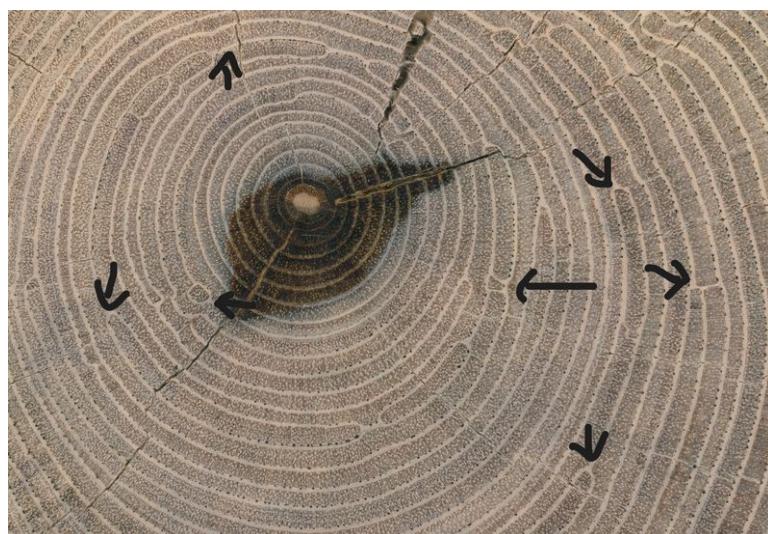


Figura 3. Amostra de *A. germinans*. As setas pretas indicam as numerosas bifurcações que ocorrem em todas as amostras.

Essa característica já foi observada em outro estudo com a espécie (MOYA, 2024). Entretanto, devido ao fato de que o crescimento das espécies ser consideravelmente ligado às condições da área em que a população ocorre, tínhamos a expectativa de que poderíamos encontrar resultados diferentes para essa espécie no PEC, uma vez que temos uma sazonalidade bem demarcada do período chuvoso. Já para *L. racemosa*, temos maior probabilidade de construirmos a cronologia ainda durante o desenvolvimento desta pesquisa, pois como mencionado, há registros na literatura para formação de anéis de crescimento anuais (Souza *et al.*, 2006) e estamos conseguindo dar andamento às análises (figura 4).

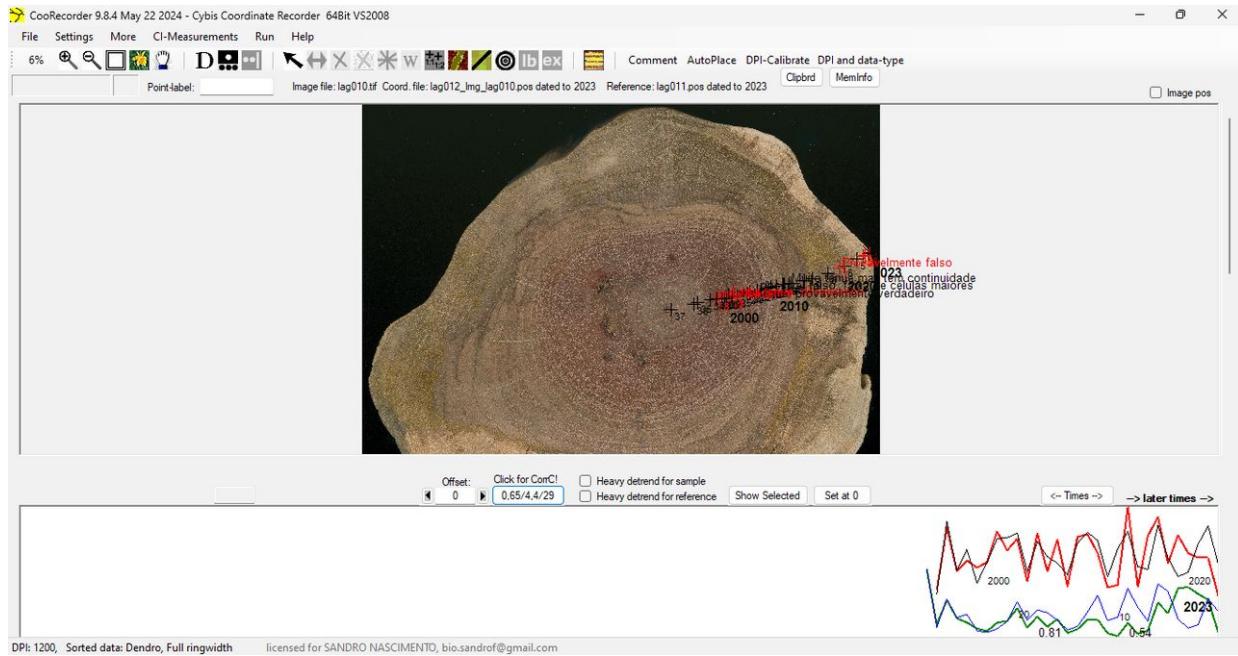


Figura 4. Captura de tela do processo de análise das amostras. Abaixo, linhas de correlação de crescimento entre os raios da amostra.

Apesar disso, os padrões encontrados nas amostras do PEC não são tão claros quanto os do estudo anterior com a espécie, o que contribui para a dificuldade durante as análises (figura 5).



Figura 5. Destaque de *L. racemosa* ressaltando zona com limites pouco claros.

Entretanto, estamos articulando com outros laboratórios integrantes do PPGERN da UFC para realizarmos estudos anatômicos dos limites dessa espécie, a fim de identificarmos com mais clareza o que acreditamos ser os anéis anuais de crescimento dos indivíduos dessa população de *L. racemosa*. Com isso, esperamos alcançar maior celeridade no processo de construção da cronologia em si, etapa da pesquisa que ainda está iniciando. Quando nos certificarmos de que as amostras possuem anéis anuais e de que as amostras têm crescimento sincronizado, a cronologia será montada e ampliada com as demais amostras que ainda não foram tratadas até o momento. Dessa forma, esperamos obter informações sobre as condições de crescimento durante os últimos 40 anos em que essa população esteve em processo de regeneração na área em que um dia sofreu com o impacto da instalação de salinas no PEC. Para além disso, conseguimos observar em algumas amostras a presença de registro de incêndios anteriores (figura 6).



Figura 6. Provável registro de incêndios anteriores em *L. racemosa*

Com a cronologia construída, conseguiremos datar esses incêndios com precisão e quantificar seu impacto no crescimento dos indivíduos afetados, bem como investigar o processo de

antropização do Rio Cocó ao longo das décadas de expansão e influência da zona urbana sobre a bacia hidrográfica.

Plantio e monitoramento das plantas

Nesta atividade, os alunos Lucas Herbert Carlos Rodrigues e Gustavo Sousa Linhares participaram das atividade de produção de mudas e implantação de parcelas de amostragem para o monitoramento o reflorestamento da área de manguezal afetada pelo incêndio. O Prof. Rafael Costa também contribuiu nas verificações preliminares de campo para implantação das parcelas, bem como na sua implantação.

Além disso, também elaborou uma proposta inicial de delineamento para implantação de um sistema de amostragem para o monitoramento da regeneração natural e assistida da vegetação de manguezal afetada. Essa proposta inicial consistiu em um sistema de amostragem sistemática que consistia em seis transecções de 150 metros perpendiculares ao Rio Cocó distribuídas regularmente ao longo de uma linha de referência paralela ao rio. Cada transeção teria três estações de amostragem, também regularmente espaçadas, de modo que haveria uma mais próxima, uma intermediária e outra mais distante do canal do rio. Em cada estação, seriam alocadas três parcelas de 10 x 10 m que seriam aleatoriamente atribuídas aos seguintes tratamentos: regeneração natural, plantio de mudas sem ou com inóculo de substrato de manguezal. Nessa proposta, seria possível tanto avaliar o efeito dos diferentes tipos regeneração da vegetação, quanto controlar o efeito de possíveis gradientes ambientais correlacionados com a topografia a partir do Rio Cocó.

Essa proposta foi apresentada à equipe de restauração da vegetação do projeto Restaura Cocó que discutiu as limitações logísticas e adaptou o delineamento retirando as estações de distância intermediária, resultando em um sistema de amostragem com 12 estações e 36 parcelas de amostragem de 10 x 10 m (Figura 7).

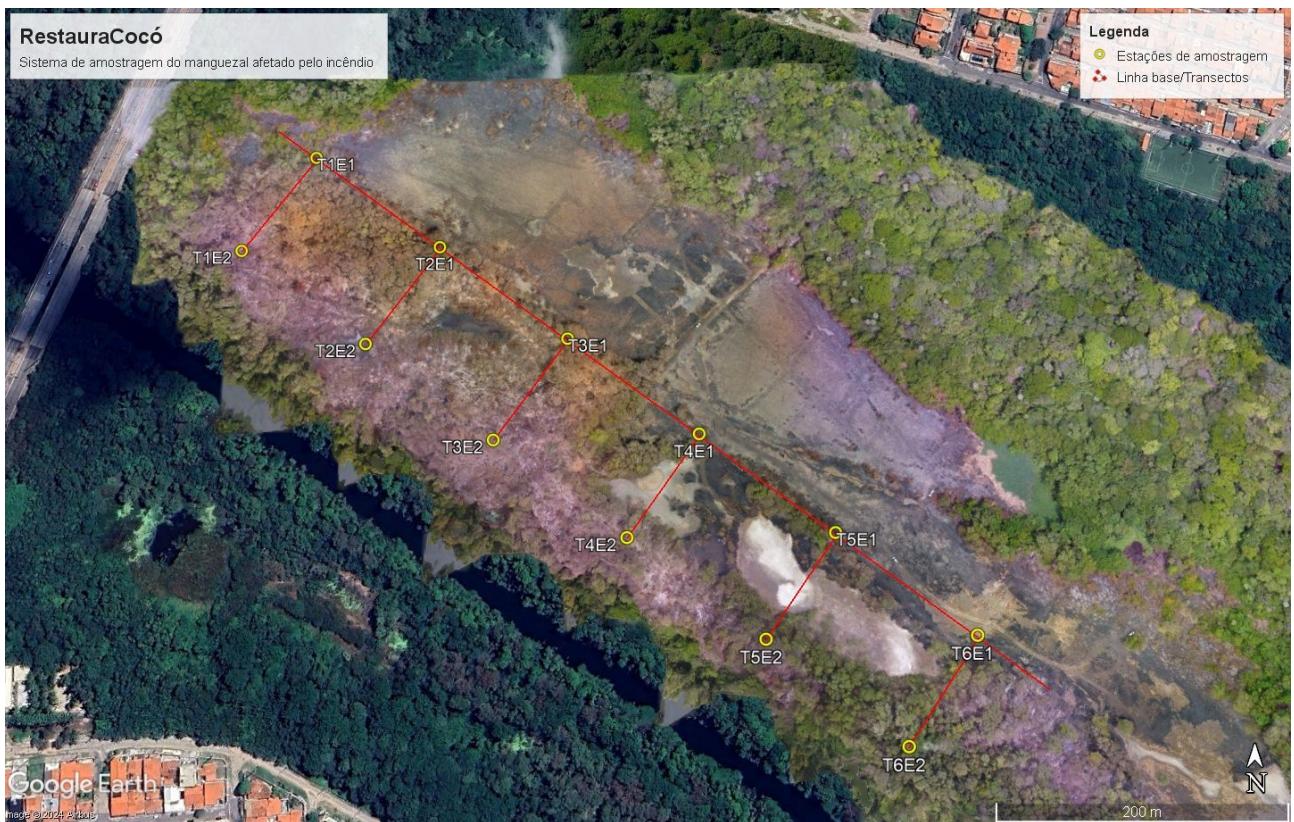


Figura 7. Sistema de amostragem da regeneração da vegetação na área de manguezal afetada pelo incêndio no Parque do Cocó em janeiro de 2024. A imagem mostra os seis transectos (T1-6) e estações em cada um deles (E1-E2) alocados de forma regular em duas distâncias de referência em relação ao rio.

Bibliografia

ARAGÃO, José Roberto V.; ZUIDEMA, Pieter A.; GROENENDIJK, Peter. Climate-growth relations of congeneric tree species vary across a tropical vegetation gradient in Brazil. **Dendrochronologia**, [S.L.], v. 71, p. 125913, fev. 2022.

CHOWDHURY, Md. Qumruzzaman; KITIN, Peter; RIDDER, Maaike de; DELVAUX, Claire; BEECKMAN, Hans. Cambial dormancy induced growth rings in Heritiera fomes Buch.- Ham.: a proxy for exploring the dynamics of sundarbans, bangladesh. **Trees**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 227-239, 23 set. 2015.

CHOWDHURY, Md. Qumruzzaman; SARKER, Swapan Kumar; HOSSAIN, Shahadat; IMRAN, Md. Imam Hossain; DATTA, Anup. Salinity regulates radial growth of *Cynometra ramiflora* L. in the Sundarbans mangrove ecosystem. **Dendrochronologia**, [S.L.], v. 88, p. 126270, dez. 2024.

ESTRADA, Gustavo Calderucio Duque et al. Annual growth rings in the mangrove *Laguncularia racemosa* (Combretaceae). **Trees**, v. 22, n. 5, p. 663-670, 2008.

ROZENDAAL, Danaë M. A.; ZUIDEMA, Pieter A.. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 3-16, 31 ago. 2010. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-010-0480-3>.

SOUZA, Brunna T.; ESTRADA, Gustavo C.D.; SOARES, Mário L.G.; CALLADO, Cátia H.. Occurrence of annual growth rings in *Rhizophora* mangle in a region with low climate seasonality. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [S.L.], v. 88, n. 1, p. 517-525, 29 abr. 2016.

SPEER, James H. **Fundamentals of tree-ring research**. University of Arizona Press, 2010.