

DESEMPEÑO DE *TACHIGALI GLAUCA* TUL. BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS EN BRECHAS EN LA AMAZONIA ORIENTAL

PERFORMANCE OF *TACHIGALI GLAUCA* TUL. UNDER DIFERENT TREATMENTES IN EASTERN AMAZON GAPS

Soares¹, Amanda A.1 ^{(1)*}; Neves², Raphael L. P.2 ⁽²⁾; Schwartz², Gustavo2 ⁽²⁾, Emmert³, Fabiano³ ⁽³⁾; Nascimento³, Rodrigo G. M.3 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Académica de Ing. Forestal. Universidad Federal Rural da Amazonia. Belém, Brasil

⁽²⁾ Dr. Investigador, Embrapa Amazonia Oriental. Belém, Brasil

⁽³⁾ Dr. Profesor. Universidad Federal Rural da Amazonia. Laboratorio de Mensuración y Manejo de Recursos Forestales. Belém, Brasil

* Contacto: amandaasoarez@gmail.com

CÓDIGO: 4608233

Resumen

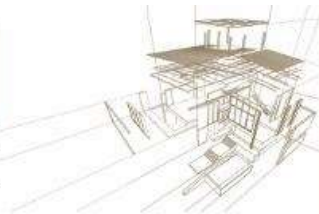
El desempeño de la especie comercial *Tachigali glauca* Tul. en el registro de las brechas en tres tratamientos diferentes se analizó en un experimento llevado a cabo en un bosque denso y ombrófilo cosechado en la Amazonía oriental. El estudio comparó durante 9 años, en 28 brechas, las tasas de mortalidad, el incremento periódico anual (IPA) en diámetros y la área basal en los siguientes tratamientos: (i) control (CT) sin intervenciones silvícolas sobre individuos naturalmente establecidos en la brecha; (ii) la conducción de la regeneración natural (RN), pero sometido a tratamientos silvícolas como la limpieza; (iii) la plantación de enriquecimiento (PL) de mudas y plántulas. Los tres tratamientos contaron inicialmente con 9; 11 y 8 brechas y 35; 17 y 129 individuos, respectivamente. Respecto a la tasa de mortalidad, CT presentó total de 1,1% año⁻¹, RN 0,55% año⁻¹ y PL 0,85% año⁻¹. Sin embargo, para el IPA, CT mostró 0.268 cm año⁻¹, RN 0.544 cm año⁻¹ y PL 0.985 cm año⁻¹. Y para el área basal, CT obtuvo 0,04 m²ha⁻¹, RN 0,11 m²ha⁻¹ y PL 1,78 m²ha⁻¹. La principal conclusión es que *T.glauca*, cuando se somete al tratamiento de RN, presenta una buena respuesta creciente. Aunque su área basal fue menor, su tasa de mortalidad fue baja y PAI alto y en comparación con los otros tratamientos. Estos resultados ayudan a hacer de *T.glauca* una especie más atractiva para la industria maderera y las actividades de reforestación/restauración.

Palabras-clave: especies tropicales, producción de madera, crecimiento forestal.

Abstract

The performance of the timber species *Tachigali glauca* Tul. in logging gaps under three different treatments was analyzed in an experiment carried out in a harvested ombrophilous dense forest in the Eastern Amazon. The study compared for 9 years, in 28 gaps, mortality rates, periodic annual increment (PAI) in diameter and basal area of *T. glauca* in the following three treatments: (i) Standard Reduced Impact Logging (SRIL) with no silvicultural interventions over naturally established individuals in the gap; (ii) tending of the naturally established regeneration (TNER), but subjected to silvicultural treatments such as cleaning; and (iii) and enrichment planting (EP) of seedlings. The three treatments counted initially with 9; 11; and 8 logging gaps and 35; 17; and 129 individuals, respectively. Regarding the mortality rate, SRIL presented a total of 1.1% year⁻¹, TNER with 0.55% year⁻¹, and EP 0.85 % year⁻¹. However, interms of PAI, SRIL showed an increment of 0.268 cm year⁻¹, TNER with 0.544 cm year⁻¹, and EP 0.985cm year⁻¹. For the basal area, SRIL had 0.04 m² ha⁻¹, TNER 0.11 m² ha⁻¹,and EP 1.78 m² ha⁻¹. The main conclusion is that *T.glauca*, when submitted to the TNER treatment, presents a good growing response. Although its basal area was lower, its mortality rate was low and PAI was high in compared to the other treatments. These results help to make *T.glauca* a more attractive species for the timber industry and reforestation/restoration activities.

Keywords: tropical timber species, wood production, forest growth.



1. INTRODUCCIÓN

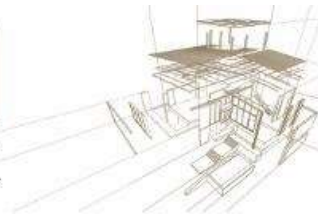
El consumo mundial de madera de bosques tropicales está aumentando constantemente (SFB/IMAZON 2010). Para satisfacer la demanda, no solo se debe aumentar la producción, sino también mejorar la gestión forestal (Schwartz et al. 2013). Estimar el crecimiento es esencial para el plan de manejo sostenible. Conocer el desempeño de un árbol o bosque es de gran interés en el entorno forestal, y es posible utilizar esta información para definir la rotación silvícola y predecir la producción forestal (Vatrass et al. 2016; Vanclay 1994).

Las actividades madereras aumentan la tasa de formación de brechas debido a la caída de árboles talados, así como de árboles no registrados que se talan accidentalmente durante las operaciones de cosecha (Sebbenn et al. 2008, Imai et al. 2009). En relación con el manejo forestal, las brechas en la tala pueden ser fácilmente utilizadas como una herramienta importante para posibles soluciones para mitigar problemas, como alargamiento de los ciclos de explotación (Hawthorne et al. 2012); reducir el volumen de madera cosechada; gestionar las brechas para aumentar la densidad de individuos de especies comerciales; y someter los árboles de especies importantes de cultivos futuros a los tratamientos silvícolas para proporcionar la producción sostenible a largo plazo de madera (Schwartz et al. 2013; Dauber et al. 2005; Villegas et al. 2009).

Existen varias opciones silvícolas para lograr tal objetivo. Entre las alternativas viables está la conducción de la regeneración establecida naturalmente, al reducir la competitividad de las lianas y otros árboles (Pariona et al. 2003; Park et al. 2005) y plantación de enriquecimiento, donde mudas y plántulas de especies seleccionadas son plantadas en las brechas forestales de post-explotación (Doucet et al. 2009; Keefe et al., 2009). En la mayoría de los casos, se utilizan especies forestales comerciales pioneras para estos tratamientos silvícolas debido a su rápido crecimiento y su intolerancia a la sombra, y según Gama (2002) la especie *Tachigali glauca* cumple este papel, ya que pertenece al grupo ecológico intolerante a la sombra.

El *T. glauca* es una especie de la familia Fabaceae y su género, Tachigali, tiene una contribución importante en la formación de la selva amazónica (Souza Filho et al. 2005), y es parte de los 15 más comunes en el Bosque Nacional del Tapajós en Santarém (Guimarães and Pylar 1999). En condiciones naturales, puede alcanzar un promedio de 40 m de altura (Reis et al. 2015). Su distribución geográfica se extiende a lo largo de la Amazonía brasileña, específicamente en los bosques de tierra firme (Van Der Werff, 2008). En el estudio de Gama (2005), *T. glauca* se encuentra con mucha frecuencia en inventarios realizados en el estado de Pará. Ha sido poco explotada por los productores, eventualmente para la producción de carbón vegetal, sin embargo, debido a su rápido crecimiento y capacidad de fijación de nitrógeno, tiene el potencial de ser adoptado en la formación de sistemas agroforestales, para la recuperación de áreas post explotación con especies de interés y producción de madera (Souza Filho et al. 2005; Pereira, 2017).

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron evaluar las tasas de mortalidad, el incremento periódico anual y el área basal de plántulas y mudas de la especie *T. glauca* en brechas en la Amazonía Oriental brasileña que se sometieron a tres tratamientos silviculturales: (1) control; (2) conducción de la regeneración natural y (3) plantación de



enriquecimiento. Para indicar cuál es la mejor manera de manejar la especie y obtener madera en áreas molestadas.

2. METODOLOGÍA

Los datos utilizados en el estudio provinieron del experimento de campo realizado en el marco del proyecto “Brechas como motores para el rendimiento, la conservación y la recuperación de bosques tropicales en la Amazonía Oriental”, coordinado por Embrapa Amazonía Oriental y Jari Forestal SA. El área de estudio está ubicada en el valle de Jari, ciudad de Almeirim (1° 9' S, 52° 38' W), Pará, Brasil (Figura 1). En la región, la precipitación promedio anual es de 2.200 mm y la temperatura promedio anual es de 26° C. La vegetación se caracteriza por un denso bosque ombrófilo de tierra firme sobre latosoles amarillos (Azevedo, 2006).

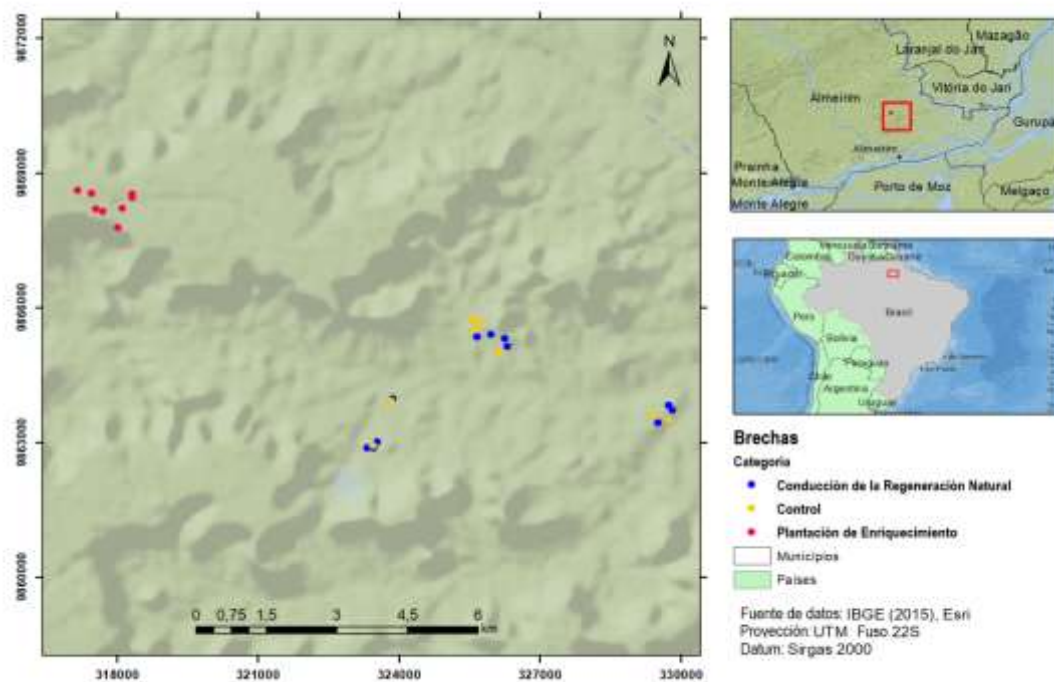


Figura 1: Ubicación del área de estudio y sus tratamientos silviculturales en la ciudad de Almeirim, PA.

El área total bajo manejo de Jari Forestal SA es de 545.535 ha, donde las operaciones de cosecha siguen las técnicas de Extracción de Impacto Reducido (EIR). La compañía actualmente vende madera certificada de 27 especies bajo las regulaciones del Forest Stewardship Council para los mercados nacionales e internacionales.

Respecto al establecimiento del experimento, se inició en 2006 y 2007, en los compartimentos de extracción cosechados en el 2004. El diseño experimental se llevó a cabo a partir de un total de 181 individuos naturalmente presentes y plantados en 28 brechas creadas por EIR. Estos individuos fueron distribuidos en tres tratamientos



(Figura 1): (i) control (CT); (ii) la conducción de la regeneración natural (RN); (iii) la plantación de enriquecimiento (PL) de mudas y plántulas. En Control (CT), en 9 brechas, 35 individuos etiquetados solo fueron monitoreados, sin tratamientos silviculturales adicionales, de acuerdo con las normas actuales de manejo forestal para el monitoreo de bosques en Brasil. Ya en la conducción de la regeneración natural (RN), fueron liberados contra las plantas y lianas competidoras, aplicadas a 17 individuos entre plántulas y mudas establecidas naturalmente en 11 brechas. Y en la plantación de enriquecimiento, todas las 126 plántulas de *T. glauca* se sembraron a una distancia de 2,5 m x 2,5 m, además, fueron aplicados los tratamientos silvícolas de conducción en estos individuos en 8 brechas. La liberación contra el crecimiento vegetativo competitivo, a excepción de las medidas de Control (CT), se realizó a los 6, 12, 18, 24, 36 y 48 meses después de lo establecimiento del experimento (Schwartz et al. 2013).

Para las análisis, se utilizaron datos desde el 2010 hasta el 2018, es decir, de los últimos 9 años, para un total de 12 años del experimento. Se ha elegido el período estudiado porque se refiere al mayor número de árboles con diámetro. De esta manera, se realizaron comparaciones entre los tratamientos en relación con el incremento periódico anual (IPAd) en diámetro, área basal y tasa de mortalidad según la fórmula de Sheil et al. (1995).

Las siguientes fórmulas se utilizaron para determinar el incremento periódico anual del diámetro a la altura de pecho (IPAd).

$$IPd = d_{2010} - d_{2018} \quad (1)$$

$$IPAd = \frac{IPd}{P} \quad (2)$$

donde:

- d_{2010} es el diámetro a la altura de pecho (DAP) en 2008 (cm),
- d_{2018} es el diámetro a la altura de pecho (DAP) en 2018 (cm),
- P es lo intervalo de mediciones.

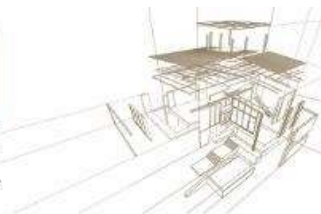
La tasa de mortalidad fue calculada de acuerdo con la fórmula de Sheil et al. (1995).

$$\left[M = 1 + \left(V_1 - \frac{V_0}{V_0} \right)^{1/t} \right] \quad (3)$$

donde:

- M es tasa de mortalidad efectiva al año,
- V_1 es número de árboles vivos en la actual medición,
- V_0 es número de árboles vivos en medición anterior,
- t es tiempo entre las mediciones.

El cálculo para el área basal se realizó también en dos partes. El primero con la siguiente fórmula de área seccional, y poco después, se ha realizado la suma de los resultados.



$$g = \frac{\pi \cdot DAP^2}{40000} \quad (4)$$

donde:

- DAP^2 es el diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada árbol.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La Figura 1 muestra los resultados de mediciones sucesivas desde el 2010 hasta el 2018 basadas en IPAd en función del diámetro de individuos de *T. glauca* en los tres tratamientos. Los resultados encontrados para el CT fueron de 0,268 cm.año⁻¹, para la RN de 0,544 cm.año⁻¹ y para PL 0,985 cm.año⁻¹. Se notó que el tratamiento de PL obtuvo el mayor valor de IPAd, seguido de RN con resultado promedio y, por último, con menor incremento, el CT.

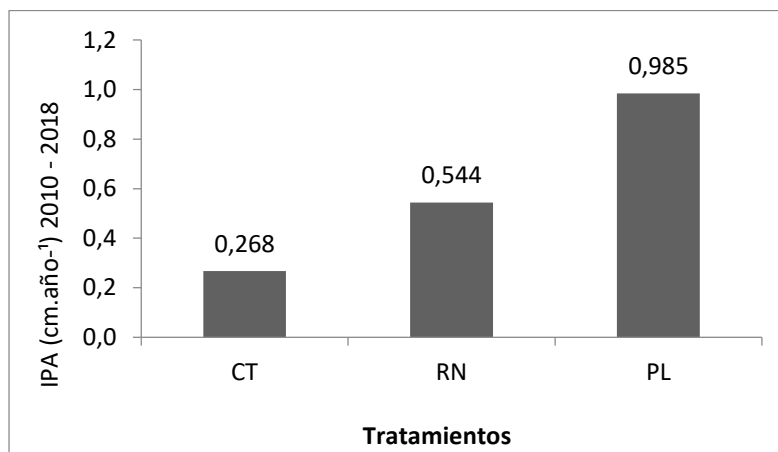


Figura 2: Incremento periódico anual (cm.año⁻¹) de los tres tratamientos con relación al diámetro a la altura de pecho (DAP) de individuos de *T. glauca* entre los años de 2010 y 2018, en valle de Jari, Almeirim – PA.

Esto se debe al hecho de que la especie no presenta un buen desarrollo cuando no está sometida a un tratamiento silvicultural, porque se trata de una brecha, y en las brechas hay mucha competencia, donde especies pioneras y no comerciales toman la delantera de crecimiento, como fue el caso de CT. En el estudio de Vidal et al. (2002), en un área del municipio de Paragominas-PA, se encontraron valores similares al presente estudio, donde los árboles bajo manejo mostraron un incremento periódico anual en DAP de 0,63cm.año, es decir casi el doble que el tratamiento de control, que presentó 0,33cm.año. Así como en los estudios de Barreto et al. (1998) e Carvalho (1992) donde el valor de control ha sido muy bajo en comparación con los manejados.

Según la literatura, es innegable que la especie tenga un mejor rendimiento incremental cuando se somete a tratamientos de conducción silvícola. En el estudio realizado por Schwartz et al. (2013) en la misma área, pero haciendo un aparato de 55 especies, se constató que RN era el tratamiento más efectivo para obtener incremento más altos, excepto en los individuos más dominantes, porque también tenían valores



altos en el CT. Este resultado indica que incluso los individuos codominantes requieren cierta conducción para lograr mayores incrementos, como es el caso de *T. glauca*.

El alto valor de la diferencia entre RN y PL, que es casi el doble, también puede explicarse por la diferencia en el número de individuos en cada tratamiento, que era más de sete veces mayor en PL. Schwartz et al. (2013) se constató un problema de infestación de pioneras en el PL, haciendo con que el tratamiento fuera más laborioso en la limpieza del área. El mismo explica que esto sucedió probablemente debido al hecho de que para instalar el PL, se cortó toda la vegetación anterior, lo que abrió el área de limpieza lo suficiente como para crear las condiciones ideales para la germinación de las pioneras. Además, reitera que el problema podría haberse reducido si las brechas utilizadas para la siembra fueran más recientes, no con pasado un año, como se sucedió, para que las plántulas en PL pudieran competir de manera justa con RN y sin necesitar mucha limpieza en el curso del experimento (Pariona et al. 2003; Ohlson-Kiehn et al. 2006; Navarro-Cerillo et al. 2011).

En los bosques de Indonesia (Kuusipalo et al. 1996), y en otras partes de la Amazonía brasileña (Lopes et al. 2008; Keefe et al. 2009), también aparecieron informes positivos a respecto de la regeneración en las brechas de tala debido a la aplicación de tratamientos silviculturales.

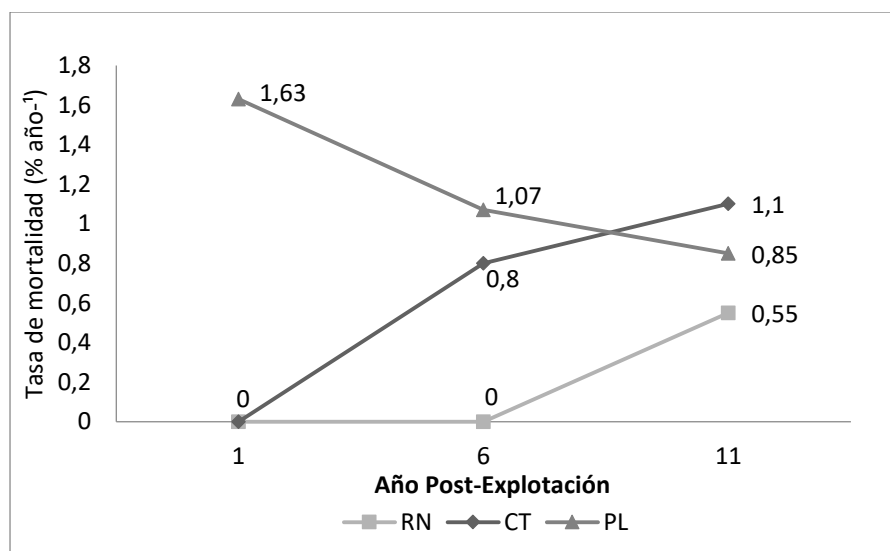
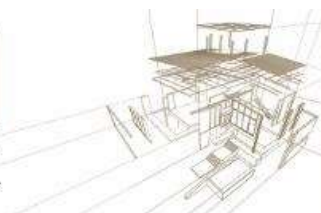


Figura 3: Tasa de mortalidad (%año⁻¹) de los tres tratamientos de individuos de *T. glauca* entre los años de 2007 (1), 2010 (6) y 2018 (11), en valle de Jari, Almeirim – PA.

En lo que se refiere a la mortalidad, la Figura 2 presenta la tasa de todos los tratamientos en el curso de todos los años de mediciones, desde el 2007, pasando por el 2010 y terminando en su última medición, que fue en el 2018. Es posible observar que las tasas nunca fueron constantes en los 11 años de experimento, donde CT obtuvo un creciente aumento en su mortalidad, presentando hasta lo año 6 de medición con tasa 0% año⁻¹, el cual creció para 0,8% año⁻¹ y en el año 11, obtuvo la tasa de mortalidad más alta, con 1,1% año⁻¹. La RN mostró excelentes resultados entre los años 1 e 6, con la tasa igual a 0% año⁻¹, pero en año el 11, su tasa subió para el 0,55% año⁻¹, sin embargo, sigue siendo la menor tasa de todos los tres tratamientos. Y la PL, a la diferencia de los demás, empezó con una tasa muy alta de 1,63% año⁻¹, pese a eso, la



tasa ha decaído con el transcurrir de las mediciones, donde en el año 6 ya tenía $1,07\% \text{ año}^{-1}$, decayendo aún más en el año 11, donde presentó $0,85\% \text{ año}^{-1}$, siendo así el valor intermedio entre los demás tratamientos.

El estrés causado por la transferencia de plántulas y mudas del vivero a las brechas y el hecho de que las plántulas no tuvieron ningún tratamiento adicional pueden haber contribuido a las tasas de mortalidad más alta observadas en PL durante los primeros años. Según Schwartz et al. (2013), que las tasas de mortalidad iniciales entre los tratamientos saen diferentes también puede justificarse por el hecho de que los individuos en RN eran mayores y probablemente tenían un sistema radicular más grande y mejor establecido que los plantados.

En experimento de plantación de enriquecimiento en la Amazonía Oriental de Gomes et al. (2010), también obtuvo tasas similares en los primeros años. Sin embargo, aparentemente las plántulas en PL se estaban adaptando al área y su tasa de mortalidad disminuyó con el pasar de los años.

Como ilustra la Figura 3, después del año 6 en adelante, la mortalidad solo aumentó en el tratamiento CT, probablemente porque los árboles pioneros más altos eclipsaron o golpearon a los individuos. Esos datos son compatibles con el estudio de regeneración natural en brechas en Brasilia-DF, de Felfili and Abreu (2015).

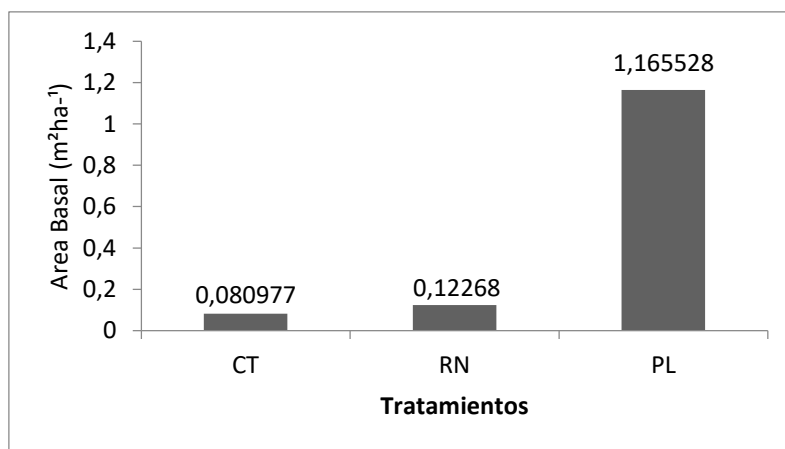
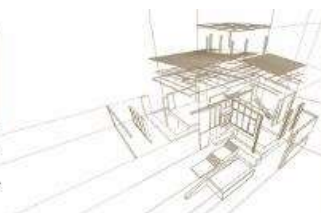


Figura 4: Área basal (m^2ha^{-1}) de los tres tratamientos en relación del diámetro a la altura de pecho (DAP) de individuos de *T. glauca* entre los años de el 2010 y el 2018, en valle de Jari, Almeirim – PA.

Al analizar el área basal entre los años del 2010 y el 2018, he sido posible observar el parámetro de estimación de densidad del soporte forestal creciente. El CT indicó la menor área basal, con $0,080977 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$. En seguida, la RN con $0,12268 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$. Y pronto el PL, con la mayor área basal de todos los tratamientos, con $1,165528 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$.

La incidencia de la luz también es un factor atenuante para el crecimiento en el área basal, aunque en este estudio no establecimos una relación directa entre el área basal y el factor de luz. Do Vale (2014) encontró valor más alto de área basal en lo nordeste Paraense que en los municipios de Peixe-Boi y Bonito en Pará, el estudio presentó un área basal de $2,53 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$. Los valores de área basal de esta presente investigación aún



es bajo con respecto al promedio que la especie presenta en otros artículos y necesita de más estudio al respecto.

La plantación de enriquecimiento seguida de la conducción es un tratamiento silvicultural post-cosecha puede proporcionar importantes beneficios económicos y de conservación en los bosques tropicales (Keefe et al. 2009; Gomes et al. 2010). A pesar de los grandes beneficios posibles del plantío de enriquecimiento, la conducción de la regeneración natural puede tener ventajas en situaciones específicas.

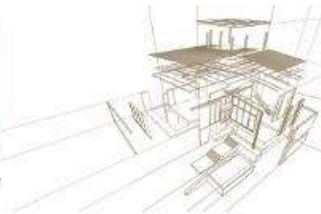
En el presente experimento, conducir plántulas y mudas establecidas de forma natural en las brechas fue, en general, más eficiente en términos de crecimiento y mortalidad, si se coloca en las proporciones correctas de los individuos, pese al menor valor del área basal. Sin embargo, se sugiere que esta técnica se aplique solo en áreas de manejo donde haya suficiente regeneración natural de especies con alto valor comercial o de conservación (Keefe et al. 2009; Schwartz et al. 2013). Por otro lado, si las especies comerciales están ausentes o son bajas en número, el plantío de enriquecimiento se convierte en la mejor alternativa, ya que permitirá agregar especies valiosas al desmonte y así aumentar la probabilidad de reclutamiento de estos individuos futuramente (Lopes et al. 2008; Schulze 2008; Gomes et al. 2010). Sin embargo, con este tratamiento es más costoso, el escenario ideal sería plantas las mudas de mucho interés comercial para cubrir los costos adicionales que involucra preparar las brechas, cultivar y plantar las plántulas y la atender su necesidad de liberación cuando necesario.

4. CONCLUSIONES

En términos de crecimiento, mortalidad y frecuencia de aplicación de tratamientos silvícolas, es más eficiente y económicamente viable cultivar plántulas y mudas de *T. glauca* establecidas naturalmente en las brechas de post explotadas. Sin embargo, si no hay individuos suficientes en el área, se recomienda la plantación de enriquecimiento, debido a la excelente respuesta que presentó en el experimento, aunque más laboriosa. Estos resultados ayudan a hacer de *T. glauca* una especie más atractiva para la industria de la madera, ya que puede unirse las buenas actividades de restauración forestal, buenas características ecológicas para áreas perturbadas como brechas y su valor de madera.

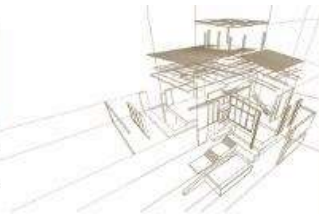
AGRADECIMIENTOS

Primero me gustaría de agradecerle al investigador Dr. Gustavo Schwartz por guiarme y brindarme tan importante informaciones para este trabajo. Además, a mis profesores de la Universidad Federal Rural de la Amazonía (UFRA), el Laboratorio de Mensuración y Manejo de Recursos Forestales, Dr. Fabiano Emmert y Dr. Rodrigo Geroni, porque sin ellos no hubiese tenido fuera para concluir este trabajo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, C.P. (2006). Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia Oriental: experimentação e simulação. PhD Thesis. Federal University of Paraná, Curitiba, p. 236.
- Barreto, P., Amaral, P., Vidal, E. and Uhl, C. (1998). Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. *Forest ecology and management*, v.108, p.9-26.
- Doucet, J. L., Kouadio, Y. L., Monticelli, D. and Lejeune, P. (2009). Enrichment of logging gaps with moabi (*Baillonella toxisperma* Pierre) in a Central African rain forest. *Forest Ecology and Management*, 258, 2407-2415.
- Do Vale, I., Costa, L.G.S. and Miranda, I.S. (2014). Espécies indicadas para a recomposição da floresta ciliar da sub-bacia do rio peixe-boi, Pará. *Ciência Florestal*, 24(3), 573-582.
- Dauber, E., Fredericksen, T.S. and Peña, M. (2005). Sustainability of timber harvesting in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 214, 294–304.
- Felfili, J.M. and Abreu, H.M. (2015). Natural regeneration of *Roupala montana* Aubl., *Piptocarpha macropoda* Back. and *Persea fusca* Mez. in four environmental conditions in the gama gallery forest-df, Brazil. *Cerne*, 5(2), 125-132.
- Imai, N., Samejima, H., Langner, A., Ong, R.C., Kita, S., Tittin, J., Chung, A.Y.C., Lagan, P., Lee, Y.F. and Kitayama, K.. (2009). Co-benefits of sustainable forest management in biodiversity conservation and carbon sequestration. *PLoS ONE* 4, e8267. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0008267>.
- Gama J.R.V., Souza, A. L., Martins, S. V. and Souza, D. R. (2005). Comparação entre florestas de várzea e de terra firme no estado do Pará. *R. Árvore, Viçosa-MG*, v.29, n.4, p.607-616.
- Gama, J. R. V., Botelho, S. A. and Bentes-Gama, M. D. M. (2002). Composição florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea baixa no estuário amazônico. *Revista Árvore*, 26(5), 559-566.
- Gomes, J.M., Carvalho, J.O.P., Silva, M.G., Nobre, D.N.V., Taffarel, M., Ferreira, J.E.R. and Santos, R.N.J. (2010). Sobrevivência de espécies arbóreas plantadas em clareiras causadas pela colheita de madeira em uma floresta de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira. *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Guimarães, E.G.T. and Pyle, E.H. (1999). Levantamento florestal de 20 ha na Floresta Nacional do Tapajós. Santarém: Projeto LBA Ecologia P, 30.
- Hawthorne, W.D., Sheil, D., Agyeman, V.K., Abu Juam, M. and Marshall, C.A.M. (2012). Logging scars in Ghanaian high forest: towards improved models for sustainable production. *Forest Ecology and Management* 271, 27–36.
- Kuusipalo, J., Jafarsidik, Y., Adjers, G. and Tuomela, K.. (1996). Population dynamics of tree seedlings in a mixed deipterocarp rainforest before and after logging and crown liberation. *Forest Ecology and Management* 81, 85–94.
- Keefe, K., Schulze, M.D., Pinheiro, C., Zweede, J.C. and Zarin, D. (2009). Enrichment planting as a silvicultural in the eastern Amazon: a case study of Fazenda Cauaxi. *Forest Ecology and Management* 258, 1950–1959.
- Lho, J.O.P. (1992). Structure and dynamics of a logged over Brazilian Amazonian rain forest. Oxford. Tese (Doutorado). Oxford University.
- Lopes, J.C.A., Jennings, S.B. and Matni, N.M., (2008). Planting mahogany in canopy gaps created by commercial harvesting. *Forest Ecology and Management* 255, 300–307.



- Navarro-Cerillo, R.M., Griffith, D.M., Ramírez-Soria, M.J., Pariona, W., Golicher, D. and Palacios, G. (2011). Enrichment of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in logging gaps in Bolivia: the effects of planting method and silvicultural treatments on long-term seedling survival and growth. *Forest Ecology and Management* 262, 2271–2280.
- Ohlson-Kiehn, C., Pariona, W. and Fredericksen, T.S. (2006). Alternative tree girdling and herbicide treatment for liberation and timber stand improvement in Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 225, 207–212.
- Pariona, W., Fredericksen, T.S. and Licon, J.C., (2003). Natural regeneration and liberation of timber species in logging gaps in two Bolivian tropical forests. *Forest Ecology and Management* 181, 313–322.
- Park, A., Justiniano, M.J. and Fredericksen, T.S. (2005). Natural regeneration and environmental relationships of tree species in logging gaps in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* 217, 147–157.
- Pereira, L.D.F.B. (2018). Análise da fitossociologia de uma área de terra firme no rio Maués Mirim, município de Maués-AM.
- Reis, A.S., Sousa, J. D. S., Bastos, M. D. N. C. and Sobral, S. F. (2015). Taxonomia de *Tachigali* Aubl.(Leguminosae, Caesalpinioideae) da Região Metropolitana de Belém, Pará, Brasil. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, 5(4), 48-55.
- Schulze, M. (2008). Technical and financial analysis of enrichment planting in logging gaps as a potential component of forest management in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 255, 866–879.
- Schwartz, G., Falkowski, V. and Peña-Claros, M. (2017). Natural regeneration of tree species in the Eastern Amazon: Short-term responses after reduced-impact logging. *Forest ecology and management*, 385, 97-103.
- Schwartz, G., Lopes, J. C., Mohren, G. M. and Peña-Claros, M. (2013). Post-harvesting silvicultural treatments in logging gaps: A comparison between enrichment planting and tending of natural regeneration. *Forest Ecology and Management*, 293, 57-64.
- Sebbenn, A.M., Degen, B., Azevedo, V.C.R., Silva, M.B., Lacerda, A.E.B., Ciampi, A.Y., Kanashiro, M., Carneiro, F.S., Thompson, I. and Loveless, M.D. (2008). Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon forest. *Forest Ecology and Management* 254, 335–349.
- SFB/IMAZON. (2010). A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados. Serviço Florestal Brasileiro/Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia, Belém, p. 26.
- Souza Filho, A. P. S., Lobo, L. T., & Arruda, M. S. P. (2005). Atividade alelopática em folhas de *Tachigali myrmecophyla* (Leg.-Pap.). Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE).
- Van der Werff, H.H. (2008) A synopsis of the genus *Tachigali* (Leguminosae – Caesalpinioideae) in Northern South America. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 95: 618–660.
- Vanclay, J.K. (1994). *Modeling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*. Copenhagen: CAB International. 312 p.
- Vatraz, S., Carvalho, J.O.P., Silva, J.N.M. and Castro, T.C. (2016) Efeito da exploração de impacto reduzido na dinâmica do crescimento de uma floresta natural Effect of the Reduced Impact Exploration on Growth dynamics of a natural forest.



Vidal, E., Viana, V. M., & Batista, J. L. F. (2002). Crescimento de floresta tropical três anos após colheita de madeira com e sem manejo florestal na Amazônia oriental. *Scientia forestalis*, 61(1), 133-143.

Villegas, Z., Peña-Claros, M., Mostacedo, B., Alarcón, A., Licona, J.C., Leño, C., Pariona, W. and Choque, U. (2009). Silvicultural treatments enhance rates of future crop trees in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 258, 971– 977.