

Forest management for the prevention and control of *Sirex noctilio* in *Pinus taeda*

Edilson Batista de Oliveira; Susete do Rocio Chiarello Penteado; Edson Tadeu Iede

Abstract

Prevention and control of *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) in Brazil is being accomplished by means of integrated management that involves monitoring for early detection by using trap trees, employing silvicultural practices, and rearing and releasing natural enemies, such as the nematode *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding). A commonly used method in plantations with an attack level greater than 50% is the immediate clearcut. Thinning, with the removal of attacked trees, could leave the stand understocked, making its continuation to more advanced ages uneconomic. In this paper, the effects of different attack percentages of *S. noctilio* on loblolly pine (*Pinus taeda* L.) growth and production are evaluated in technical and economical terms. The data used were obtained by the simulation of growth and production of forests aged from 12 to 16 years and with attack rates ranging from 0 to 70%. The study compared, for each level of attack, the economic advantages of the immediate clearcut with those of the extension of forest rotation age for up to 20 to 30 years. For the extension of the rotation age, the application of established integrated control was considered. The study indicated that if attacked forests are maintained to an age of more than 20 years and integrated pest management is used, higher economic advantages will be realized than if the forest is clearcut on the occasion of the attack, even if the attack rate is over 50%.

Introduction

The total reforested area in Brazil is approximately five million hectares; out of these, about two million are of *Pinus* spp. About 1.2 million hectares are in the southern region and in São Paulo state; these are made up mainly of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) and slash pine (*Pinus elliottii* Engelm). The main purpose of reforestation is to supply raw materials for the pulp, paper, particle board, resin processing, and wood panel industries.

Planting forests in a system of monoculture, combined with inadequate silvicultural practices, have resulted in extensive reforested areas that lack good phytosanitary conditions, making them susceptible to pest attacks. *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), reported for the first time in Brazil in February 1988, quickly adapted itself to these conditions, reaching, in 1996, about 200 thousand hectares of *Pinus* spp. populations in Rio Grande do Sul, Santa Catarina, and Paraná.

Because of its preference for attacking weakened trees, silvicultural control through thinning during critical periods is the most adequate measure for preventing or minimizing damage caused by *S. noctilio*. A strategy commonly used in plantations with attack rates over 50% is the immediate clearcut, as the use of biological control methods cannot be effective in such conditions. Also, damage caused by *S. noctilio* causes the death of attacked trees, and drastic thinning could make the stand understocked, affecting final production of wood.

This paper aims to study the effects of different *S. noctilio* attack rates on the growth and production of *P. taeda* and to evaluate, in technical and economic terms, the recuperation of *P. taeda* populations by means of silvicultural practices and biological control.

Literature review

Trees most susceptible to *Sirex noctilio* attack

According to Chrystal (1928), the genus *Sirex* cannot be considered a primary pest, because other factors initially contribute to making the tree attractive to, and presenting favorable conditions for, *Sirex* development.

Madden (1975) observed that trees initially preferred by *S. noctilio* have smaller diameters and are suppressed, although attacks of dominant trees have also been reported.

Neumann et al. (1987) verified that plantations most susceptible to *S. noctilio* attack are over 12 years of age and are under stress. According to Mendes (1992), the growth curve of *P. taeda* causes its greatest development after the age of 12 years. Consequently, if a *P. taeda* stand attacked during this phase is clearcut, about 60% of the expected wood will be lost, and the wood obtained will have a high production cost.

Trees resistant to *S. noctilio* attack are those that have suffered no physical damage and that have grown in adequate conditions (Neumann et al. 1987).

Means of *Sirex noctilio* prevention and control

According to Neumann et al. (1987), *S. noctilio* attack is a problem originated mainly by the use of inadequate silvicultural practices. They recommend the following means of prevention and control:

- thin during the right periods, to reduce competition among trees and allow the removal of dominated, forked, deformed, and damaged trees

- do not thin and prune during periods immediately before the emergence of adult insects
- avoid planting of *Pinus* spp. on steep land, which makes silvicultural management difficult, in order to minimize lesions to trees during silvicultural practices

Ure (1949) quoted by Sutton (1984) developed a silvicultural regime for planting *Pinus radiata* D. Don in New Zealand, recommending frequent low-intensity thinning to maintain the strength of plants and reduce competition. The principles of this thinning regime formed the basis of silvicultural practices used since then in New Zealand.

Taylor (1981), states that *S. noctilio* attack can be minimized if plantations are located on good quality sites with management adequate to maintain the strength of plants; this reduces the mortality rate in initial attack phases.

Neumann et al. (1987) verified, in a 17-year-old, non-thinned *P. radiata* stand, that trees with a diameter of less than 23 centimeters had higher mortality rates and that those with a diameter greater than 26 centimeters were less likely to be attacked. Trees with diameter greater than 35 centimeters remained healthy; forked trees were significantly more susceptible to attack.

According to Neumann et al. (1987), trees resistant to *S. noctilio* attack are those that have not suffered any physical damage and that have grown under adequate conditions.

Methodology

Attack percentages and characteristics of stands studied

Percentages of attacked trees were studied in the proportion of 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 70%, in two *Pinus taeda* stands, both with a site rate (determined by the projection of the dominant height at 15 years of age) of 21.0 meters. The first stand had 1,850 trees per hectare, a basal area of 52 m²/ha and was 12 years old. The second had 1,700 trees/ha, basal

area of 60 m²/ha, and was 16 years old. Monitoring and biological control with nematode operations (in the proportion of 20% of the attacked trees in the stand) were considered.

Wood growth, production, and classification data

P. taeda growth and production data, as well as wood classification for multiple uses, were obtained by simulation, using Sispinus Version 2.1. This software generates, from information and measurements from a young-aged *P. taeda* stand, tables with growth and production prognosis at any age and production prognosis tables by diameter classes, from harvested and thinned trees, for multiple industrial uses (Oliveira 1995).

Adopted management regimes

For the first stand, the planned management regime consisted of two thinnings, the first at 12 years (systematic thinning with the removal of one line of trees in every four, followed by the selective removal of attacked trees and of those with smaller diameters, until the proportion of 925 trees/ha was reached); and the second at 16 years (selective removal of attacked trees and of trees with smaller diameters, leaving 450 trees/ha).

For the second stand a thinning was done at 16 years (systematic thinning with the removal of one line of trees in every three, followed by the selective removal of attacked trees and of those with smaller diameters, until the proportion of 900 trees/ha was reached), and the second at 19 years (removal of attacked trees and of those with smaller diameters, leaving 450 trees/ha).

In both cases, thinning could exceed the planned intensity by the removal of attacked trees.

The ages studied for the final harvest were from 20 to 30 years, with two-year intervals.

It was stipulated that two-thirds of the attacked trees belonged to the smaller diameter classes and that the others were randomly distributed among the rest of the stand. In this

manner, after the application of systematic thinning of whole lines of trees, the thinning of the remaining trees, the application of nematodes in 20% of attacked trees, and the removal of the remaining trees was also considered according to the proportion of two-thirds to one-third.

Log dimensions for different industrial uses and prices, referring to the Curitiba-PR market as of August 1996, are specified in Table 1.

Table 1. Log dimension and price per M³ according to industrial use of wood

Use	Small diameter (cm)	Length (m)	Price US\$/m ³
Veneer	25.0	2.4	24.56
Saw wood	15.0	2.4	16.87
Pulp wood	8.0	1.2	10.64
Fire wood	--	--	6.00

Production costs are presented in Table 2.

Table 2. Production cost of *Pinus* spp. in Curitiba-PR (as of August 1995)

A. Forest establishment	US\$ 600/ha
B. Harvesting	
1. Felling	US\$ 0,98/m ³
2. Debranching	US\$ 0,18/m ³
3. Hauling	US\$ 1,00/m ³
4. Bucking	US\$ 0,16/m ³
5. Loading	US\$ 0,71/m ³
6. Transport	US\$ 2,30/m ³
7. Unloading	US\$ 0,67/m ³
C. Administrative costs	US\$ 20/ha/ano
D. Forest maintenance	
1st year	US\$ 150/ha
4th year	US\$ 50/ha
9th year	US\$ 40/ha
E. Monitoring and control of <i>S. noctilio</i>	US\$ 30/ha.5 anos

Evaluation of economic profit

Planin software (Oliveira 1997) was used for evaluation of economic profits. This program has as its base the Annual Equivalent Value (AEV) method, in which the Present Liquid Value of financial profit at a minimal appeal rate is transformed into an equivalent uniform annual series.

Results and discussion

Systematic thinning of whole lines with selective thinning of the remaining trees is constant among *Pinus* producers, mainly to facilitate the cutting and removal of trees. This practice was maintained in all the simulations studied; however, if the producer chooses to use selective thinning only, removing attacked and smaller-diameter trees, he can obtain higher wood production rates, especially in

stands with attack percentages such that expected thinning will not remove all attacked trees.

The results obtained in the two studied stands are shown next.

12-year-old attacked stand

For *S. noctilio* occurrence percentages of up to 30%, systematic thinning, followed by selective thinning, was enough to remove all attacked trees at the age of 12. However, from the rate 40% onwards, the removal of all attacked trees made the remaining number of trees per hectare less than the expected rate of 925.

Production prognosis for final harvest ages from 20 to 30 years, according to different attack rates, are presented in Table 3.

Table 3. Growth and wood production values m³/ha of *Pinus taeda* for example # 1, without *Sirex noctilio* attacks.

Age (years)	Dominant height (m)	N/Ha	Average diameter (cm)	Average height (m)	Basal area (m ²)	Total volume (m ³)	IMA (m ³)	ICA (m ³)
12	17.7	1,850	19.0	15.2	52.4	372.0	31.0	31.0
Thinning by the removal of one line in every 4, followed by thinning by the removal of 463 trees								
		925	21.0	15.9	32.0	233.4	Removed=	138.6
14	20.0	918	22.8	17.8	37.7	313.8	32.0	38.2
16	22.1	907	24.6	19.6	43.0	395.0	33.1	40.6
Thinning by the removal of 457 trees								
		450	27.4	20.6	26.5	254.1	Removed=	140.9
18	23.7	449	28.9	22.4	29.4	308.0	32.6	26.9
20	25.6	447	30.7	24.1	33.2	375.7	32.8	33.8
22	27.4	444	32.4	25.6	36.5	440.4	32.7	32.1
24	29.1	441	33.8	27.2	39.5	505.1	32.7	32.3
26	30.6	436	35.1	28.6	42.1	567.7	32.6	31.3
28	32.2	431	36.2	30.0	44.4	626.9	32.4	29.6
30	33.6	425	37.3	31.3	46.4	685.5	31.2	29.3

Economical analysis of these productions is presented in Table 4, indicating that rotation at 24 years of age presents the highest economic benefit for any rate of *S. noctilio* occurrence.

Table 4. Wood production (m³/ha) of *Pinus taeda* for example # 1, by industrial use classes, for *Sirex noctilio*, attack rates from 0 to 70 %.

No attack	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
Final harvest at 12 years	372.0	12.1	210.5	125.0	24.4
1st Thinning (12 years)	138.6	3.3	64.4	57.3	13.5
2nd Thinning (16 years)	140.9	10.0	87.5	37.4	6.0
Final harvest at 20 years	375.7	202.6	136.9	30.6	5.5
Final harvest at 22 years	440.4	265.2	142.6	27.3	5.3
Final harvest at 24 years	505.1	328.4	139.3	31.8	5.6
Final harvest at 26 years	567.7	398.7	142.6	26.0	4.8
Final harvest at 28 years	626.9	453.5	135.5	28.7	4.8
Final harvest at 30 years	685.5	519.3	132.7	20.6	4.9

Continuation of Table 4:

Attack in 40 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	208.4	1.9	31.6	18.8	156.1
2nd Thinning (16 years)	73.1	2.4	34.6	30.7	5.4
Final harvest at 20 years	349.6	181.6	134.6	27.6	5.9
Final harvest at 22 years	411.4	238.7	138.6	28.7	5.5
Final harvest at 24 years	472.0	300.0	137.3	29.5	5.1
Final harvest at 26 years	532.5	357.1	140.6	29.5	5.3
Final harvest at 28 years	591.3	422.5	135.4	28.4	5.1
Final harvest at 30 years	647.8	481.8	131.4	29.2	5.3

Attack in 10 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	138.6	3.3	64.4	38.7	32.1
2nd Thinning (16 years)	140.9	10.0	87.5	37.4	6.0
Final harvest at 20 years	375.7	202.6	136.9	30.6	5.5
Final harvest at 22 years	440.4	265.2	142.6	27.3	5.3
Final harvest at 24 years	505.1	328.4	139.3	31.8	5.6
Final harvest at 26 years	567.7	398.7	142.6	26.0	4.8
Final harvest at 28 years	626.9	453.5	135.5	28.7	4.8
Final harvest at 30 years	685.5	519.3	132.7	20.6	4.9

Attack in 50 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	227.6	1.3	21.5	12.7	192.1
2nd Thinning (16 years)	51.4	1.5	23.2	22.7	3.9
Final harvest at 20 years	345.6	179.0	129.8	30.5	5.4
Final harvest at 22 years	406.3	235.8	136.0	28.9	5.6
Final harvest at 24 years	466.9	296.9	136.9	28.3	5.3
Final harvest at 26 years	527.3	353.9	139.8	28.3	5.4
Final harvest at 28 years	585.0	418.5	132.7	28.4	5.4
Final harvest at 30 years	641.3	477.8	130.3	27.6	5.7

Attack in 20 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	150.2	3.7	73.0	36.7	36.8
2nd Thinning (16 years)	131.9	8.1	76.3	42.3	5.2
Final harvest at 20 years	366.6	194.0	136.7	31.1	4.7
Final harvest at 22 years	430.4	255.2	139.9	30.6	4.8
Final harvest at 24 years	494.7	318.2	139.4	32.0	5.1
Final harvest at 26 years	556.0	386.7	136.2	28.6	4.6
Final harvest at 28 years	615.2	441.9	137.9	30.4	5.0
Final harvest at 30 years	671.6	505.5	130.6	30.6	4.9

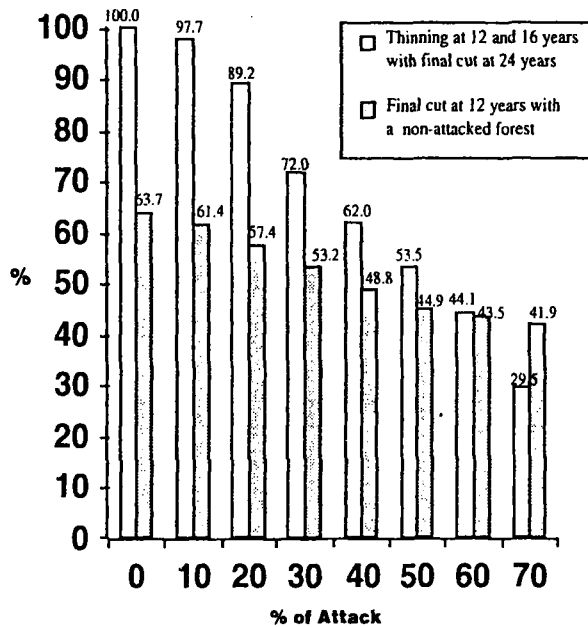
Attack in 60 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	265.3	1.3	21.4	12.7	166.1
2nd Thinning (16 years)	13.7	0.2	4.1	8.0	1.4
Final harvest at 20 years	331.6	168.3	127.1	30.6	5.5
Final harvest at 22 years	391.9	223.7	131.8	30.8	5.6
Final harvest at 24 years	451.9	290.6	126.3	29.8	5.3
Final harvest at 26 years	510.2	340.2	134.1	30.5	5.4
Final harvest at 28 years	568.1	405.4	128.1	28.9	5.7
Final harvest at 30 years	623.6	457.6	132.3	28.1	5.7

Attack in 30 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	189.6	2.6	42.9	25.3	118.8
2nd Thinning (16 years)	95.2	3.3	48.2	37.1	6.7
Final harvest at 20 years	353.0	183.7	135.3	28.9	5.1
Final harvest at 22 years	416.1	243.5	138.5	28.6	5.6
Final harvest at 24 years	477.8	305.8	137.3	28.9	5.8
Final harvest at 26 years	538.7	372.4	132.2	28.8	5.3
Final harvest at 28 years	598.4	424.1	139.9	29.3	5.1
Final harvest at 30 years	654.5	491.8	130.6	27.0	5.2

Attack in 70 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	293.5	1.0	16.0	2.8	273.7
2nd Thinning (16 years)	0	0	0	0	0
Final harvest at 20 years	290.4	145.0	112.6	28.0	4.8
Final harvest at 22 years	346.1	199.5	113.5	28.1	4.9
Final harvest at 24 years	402.9	258.2	114.2	25.2	5.3
Final harvest at 26 years	457.4	314.2	110.6	27.7	4.8
Final harvest at 28 years	511.6	367.6	112.2	27.0	4.8
Final harvest at 30 years	566.6	422.2	112.2	27.0	5.1

In Figure 1, profit percentages of 12-year-old attacked stands are presented, related to the best profit management regime (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years), in a 24-year-planning horizon.

Figure 1. Profit percentages in 12-year old stands attacked by *Sirex noctilio*, in relation to the management regime of best profit (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years), in a planning horizon of 24 years.



As can be observed, for different levels of *S. noctilio* attacks, the final harvest of the stand followed by the plantation of a new forest is recommended only for attack rates of more than 60%, where the decrease of profit becomes equivalent.

16-year-old attacked stand

Rotation at 24 years, for any *S. noctilio* attack rate, was the most profitable amongst the 20-to-30-year rotation, as previous studies done by simulation for the prior example (attack at 12 years). Production prognosis for the stand with attack at 16 years, considering the immediate final harvest at age 24, are presented in Tables 5 and 6.

Table 5. *Pinus taeda* wood production (m^3/ha) by industrial use class for example #2, with *Sirex noctilio* attack rates ranging from 0 to 70 %, with final harvest at 24 years.

<i>S. noctilio</i> attack rate (%)	Age (years)	Total m^3	Veneer m^3	Sawmill m^3	Cellulose m^3	Energy m^3
0	16	203.0	25.4	102.2	64.4	11.0
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
10	16	203.0	22.8	93.7	49.8	36.7
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
20	16	203.0	20.3	47.4	35.2	100.1
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
30	16	204.4	17.7	39.4	21.5	125.8
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
40	16	228.3	15.6	39.4	20.3	153.0
	19	102.3	7.9	60.7	30.0	3.7
	24	437.4	249.7	155.0	27.3	5.4
50	16	293.0	25.2	71.1	16.9	179.8
	19	53.5	2.5	29.6	18.8	2.6
	24	422.4	238.1	145.4	33.1	5.8
60	16	321.0	23.3	74.9	15.6	207.2
	19	16.8	0.5	10.1	5.6	0.6
	24	429.3	245.1	146.4	32.2	5.6

Table 6. *Pinus taeda* wood production values (m^3/ha) by industrial usage class, for example # 2, considering final harvest at 16 years.

<i>S. noctilio</i> attack rate %	Total	Veneer m^3	Sawlogs m^3	Pulp m^3	Energy m^3
0	537.8	77.1	292.1	145.8	22.8
10	537.8	74.5	283.6	131.2	48.4
20	537.8	72.0	237.3	116.6	111.9
30	537.8	69.4	228.9	102.1	137.5
40	537.8	66.8	220.4	87.5	163.1
50	537.8	64.3	211.9	72.9	188.7
60	537.8	61.7	203.4	58.3	214.4
70	537.8	59.1	195.0	43.7	240.0

The Equivalent Annual Values (EAVs) for stands with attack rates from 0 to 70%, submitted to thinning at 16 and 19 years, removal of attacked trees, treatment with nematodes, and final harvest at 24 years, and with final harvest at 16 years (assuming also, in this last case, eight more years of forest profit with no attacks) are shown in Tables 7 and 8.

Table 7. Equivalent annual values for example # 1, considering final harvest from 20 to 30 years.

<i>S. noctilio</i> attack (%)	Final harvest age							Final harvest - 12 years plus replanting*
	12	20	22	24	26	28	30	
0	68.2	144.9	149.5	149.5	149.5	141.9	136.6	95.2
10	63.1	141.1	146.0	146.0	146.0	138.7	133.5	91.8
20	54.2	127.0	132.0	133.0	132.8	127.7	122.4	85.8
30	44.8	98.5	105.0	106.7	107.6	103.8	100.2	79.6
40	35.0	83.2	89.9	92.7	92.3	90.8	86.5	73.0
50	26.1	68.3	75.9	80.0	80.0	78.5	75.0	67.1
60	23.0	51.8	60.0	66.0	65.7	65.4	61.8	65.0
70	19.5	27.7	37.5	44.1	46.2	45.9	44.3	62.7

*After the stand cutting, made at age 12, replanting took place, in which there will be no *S. noctilio* attack, being cut at age 24, allowing best economic profit.

Table 8. Equivalent annual values for example # 2, considering final harvest at ages 16 and 24.

<i>S. noctilio</i> attack (%)	Final harvest age		Final harvest-16 years Plus replanting*
	16	30	
0	106.5	128.2	110.7
10	98.4	121.7	102.4
20	74.3	103.3	84.8
30	66.3	96.1	78.4
40	58.2	93.4	71.8
50	50.1	90.6	65.3
60	42.0	85.2	58.8
70	33.9	76.3	52.3

*After the stand cutting, made at age 16, replanting took place, in which there will be no *S. noctilio* attack, being cut at age 24, allowing best economic profit.

Profit percentages in each situation, related to the best profit management regime (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years) in a 24-year planning horizon are presented in Figure 2 (right).

In terms of profit, for all attack rates, forests managed and cut at 24 years equal or surpass forests cut at 16 years. Taking as an example the attack rate of 50%, the immediate cut of the stand would cause loss of about 49.1% of the economic profit; continuing the stand with adequate management would reduce this loss to 29.3%.

Final considerations

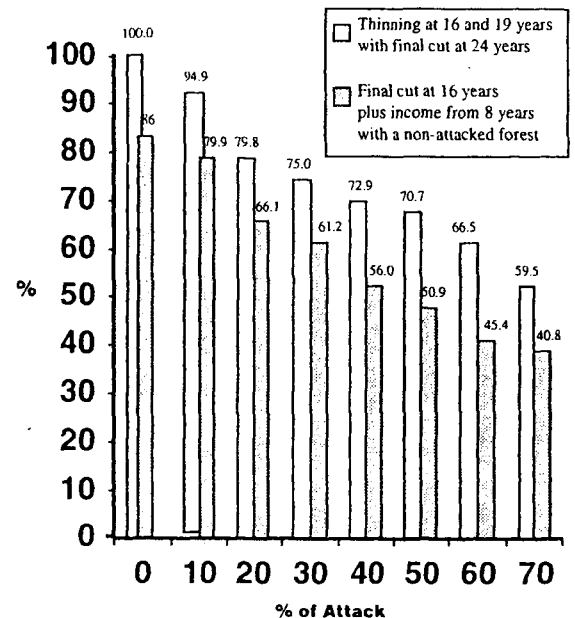
The Sispinus and Planin software made possible the quantification of production and economic profit rates of forests with different *S. noctilio* attack rates, submitted to different management regimes. Nevertheless, some additional considerations should be noted:

- the system does not allow for differences associated with geographical distribution of attacked trees
- there is the possibility of "acamamento" of remaining trees, after specially intense thinning
- there might be problems with roads and other difficulties associated with exploration and thinning
- aspects such as commitments made to the consumer market or the supplying of raw material to factories may dictate the cutting of stands that are not of ideal age

Thus, the decision to clearcut or to thin and manage cannot always be based on economic criteria alone. In all situations, good sense should prevail in the final decision.

An analysis of profit sensibility should be done, changing the various cost centers and prices, looking for a strategic vision that would make losses due to *S. noctilio* the lowest possible.

Figure 2. Profit percentage rates of 16 year old stands attacked by *Sirex noctilio*, in relation to the highest profit management regime (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years), in a planning horizon of 24 years.



References

- Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, EMBRAPA. 1992. Inoculação de nematóides. Colombo, PR: EMBRAPA, CNPF. Folder.
- Chrystal, R. N. 1928. Studies of *Sirex* parasites. The Empire Forestry Journal. 2 (7): 145-154.
- Madden, J. L. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65: 491-500
- Neumann, F.G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bulletin 29. Victoria: Department of Conservation. Forest and Lands. 41 p.
- Oliveira, E. B. 1995. Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L. com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo.

Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
Tese Doutorado. 134 p.

Sutton, W. R. J. 1984. New Zealand experience
with *radiata* pine. Vancouver: The H. R. Mac-
Millan Lectureship in Forestry. N°. 23. 24 p.

Taylor, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp:
Ecology and control of an introduced forest
insect. In: Kitching, R. L.; Jones, R. E., eds.
The ecology of pests: some Australian case
histories. Melbourne: CSIRO. 231-248.

Manejo florestal para prevenção e controle de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda*

Edilson Batista de Oliveira; Susete do Rocio Chiarello Penteado; Edson Tadeu Iede.

Resumo

A prevenção e o controle de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) têm sido realizados através do manejo integrado envolvendo o monitoramento para detecção precoce pelo uso de árvores-armadilha, práticas silviculturais e utilização de inimigos naturais, como o nematóide *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola*. Uma medida comumente utilizada em plantios com níveis de ataque superiores a 50% é o corte raso imediato, isto porque, a realização de desbastes, com a remoção das árvores atacadas poderia deixar o povoamento sub-estocado, tornando antieconômica a sua condução até idades avançadas. Neste trabalho, foram avaliados em termos técnicos e econômicos, os efeitos de diferentes percentuais de ataque de *S. noctilio* no crescimento e produção de *Pinus taeda*. Foram utilizados dados obtidos por simulação de crescimento e produção de florestas com idades de 12 e 16 anos, e percentuais de ataque variando de 0 a 70%. O estudo comparou, para cada nível de ataque, a rentabilidade econômica do corte raso imediato, com o prolongamento da idade de rotação da floresta até 20 a 30 anos. Para o prolongamento da idade de rotação, foi considerada a aplicação do controle integrado preconizado. O estudo indicou que as florestas atacadas, mantidas com idade superior a 20 anos e submetidas ao manejo integrado, tendem a apresentar maiores rentabilidades econômicas do que o corte raso por ocasião do ataque, mesmo para percentuais de ataque superiores a 50%.

Introdução

O total da área reflorestada no Brasil é de aproximadamente cinco milhões de hectares e, destes, cerca de dois milhões referem-se a plantios de *Pinus* spp. Na região Sul e estado

de São Paulo estão localizados aproximadamente 1,2 milhões de hectares, constituídos, em sua maioria, pelas espécies *Pinus taeda* L. e *Pinus elliotii* Engelm., com as finalidades principais de suprir as indústrias de papel, celulose, chapas de partículas de madeira aglomerada, indústria de processamento de resina e também de produção de madeira serrada e lâminas.

Entretanto, a existência de reflorestamentos implantados em regime de monocultura e a inadequação das práticas silviculturais, têm resultado em extensas áreas reflorestadas, em precárias condições fitossanitárias, tornando-as suscetíveis ao ataque de pragas. Desta forma, a espécie *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), que foi constatada pela primeira vez no Brasil, em fevereiro de 1988, adaptou-se rapidamente, atingindo em 1996, cerca de 200 mil hectares dos povoamentos de *Pinus* spp. localizados nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Pela preferência em atacar árvores debilitadas, que normalmente encontram-se na condição de dominada, o controle silvicultural, através da realização de desbastes nas épocas adequadas é a forma mais adequada para prevenir ou minimizar os danos provocados por esta praga. Uma prática comumente utilizada em plantios com níveis de ataque superiores a 50% é o corte raso imediato, em função de que a utilização de medidas de controle biológico pode não ser efetiva em tais condições. Além disso, os danos provocados por *S. noctilio* causam a mortalidade das árvores atacadas, e desbastes muito drásticos podem levar o povoamento à sub-estocagem de madeira, afetando a produção final.

Este trabalho teve por finalidade estudar os efeitos de diferentes percentuais de ataque de

S. noctilio, no crescimento e produção de *P. taeda* e avaliar, em termos técnicos e econômicos, a recuperação destes povoamentos, pela utilização de práticas silviculturais e de controle biológico.

Revisão de literatura

Árvores mais susceptíveis ao ataque de *Sirex noctilio*

Para Chrystal (1928), o gênero *Sirex* não pode ser considerado uma praga primária, pois, outros fatores devem contribuir, inicialmente, para que a árvore se torne atrativa e apresente as condições adequadas para o desenvolvimento do inseto.

De acordo com Madden (1975), as árvores preferidas inicialmente por *S. noctilio* são aquelas que apresentam um menor diâmetro e encontram-se na condição de dominada, embora tenha sido constatado também, o ataque em árvores dominantes.

Neumann et al. (1987) verificaram que os plantios mais suscetíveis ao ataque de *S. noctilio*, geralmente, possuem mais de 12 anos e encontram-se sob estresse. De acordo com Mendes (1992), a curva de crescimento de *P. taeda* apresenta maior incremento a partir dos doze anos. Assim, se um povoamento é atacado nesta fase, e submetido a um corte raso antecipado, ele deixará de produzir cerca de 60 % da madeira esperada e a madeira retirada terá um alto custo de produção.

Conforme Neumann et al. (1987), as árvores capazes de resistir ao ataque de *S. noctilio* são aquelas que não tenham sofrido nenhum tipo de dano físico e que tenham crescido em condições adequadas.

Medidas para prevenção e controle de *Sirex noctilio*

Para Neumann et al. (1987), o ataque de *S. noctilio* é um problema originado, principalmente, pela utilização de práticas silviculturais inadequadas e recomendam as seguintes medidas de prevenção e controle:

- realizar desbastes nas épocas certas, a fim de reduzir a competição entre árvores e permitir a remoção das árvores dominadas, bifurcadas, deformadas e danificadas
- não realizar operações de desbaste e poda alta em períodos imediatamente anteriores à época de emergência de insetos adultos
- evitar a implantação de povoamentos de *Pinus* spp. em terrenos íngremes, o que dificulta a realização das práticas silviculturais
- minimizar as lesões às árvores durante a realização das práticas silviculturais

Ure (1949) citado por Sutton (1984) desenvolveu um regime silvicultural para plantios de *P. radiata* na Nova Zelândia, recomendando a realização de desbastes ralos e frequentes para manter o vigor das plantas e reduzir a competição, sendo que os princípios básicos deste regime de desbaste formou a base das práticas silviculturais utilizadas posteriormente na Nova Zelândia.

Conforme Taylor (1981), o ataque de *S. noctilio* pode ser minimizado se os plantios forem localizados em sítios de boa qualidade e com um manejo adequado, para manter o vigor das plantas, reduzindo desta forma, o índice de mortalidade nos estágios iniciais de ataque.

Neumann et al. (1987) verificaram, em um povoamento de *P. radiata*, não desbastado, com 17 anos, que as árvores com diâmetro abaixo de 23 cm apresentaram maior mortalidade, enquanto que as com diâmetro acima de 26 cm, foram menos atacadas. Árvores com diâmetro superior a 35 cm permaneceram sadias e árvores bifurcadas foram significativamente mais susceptíveis ao ataque.

De acordo com Neumann et al. (1987), a média de tamanho de árvores susceptíveis aumenta progressivamente quando um ataque é mantido por vários anos no mesmo povoamento.

Material e Métodos

Percentuais de ataque e característica dos povoamentos estudados

Foram estudados os percentuais de árvores atacadas nas proporções dos 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70%, em dois povoamentos de *Pinus taeda*, ambos com índice de sítio (dado pela projeção da altura dominante aos 15 anos) de 21,0 m. O primeiro povoamento com 12 anos de idade, 1850 árvores/ha, área basal de 52m²/ha e o segundo, com 16 anos, 1700 árvores/ha, área basal de 60m²/ha. Foram consideradas as operações de monitoramento e controle biológico com o nematóide (na proporção de 20% das árvores atacadas do povoamento), durante um período de 5 anos.

Dados de crescimento, produção e sortimento de madeira

Os dados de crescimento e produção de *P. taeda*, bem como de sortimento de madeira para usos múltiplos, foram obtidos por simulação, através do software Sispinus Versão 2.1. Este software gera, a partir de informações e mensurações de um povoamento de *P. taeda* em idade jovem, tabelas com a prognose do crescimento e produção, para qualquer idade e, também, tabelas de prognose da produção por classes de diâmetro, para múltiplas finalidades industriais, das árvores provenientes de desbastes e do corte final (Oliveira, 1995).

Regimes de manejo adotados

No primeiro povoamento, o regime de manejo planejado consistiu de dois desbastes, sendo o primeiro aos 12 anos (desbaste sistemático com a remoção de uma linha em cada quatro linhas de árvores, seguido da remoção seletiva das árvores atacadas e daquelas com menores diâmetros, até atingir 925 árvores/ha); e o segundo aos 16 anos com a remoção seletiva das árvores atacadas e das árvores com menor diâmetro, deixando-se 450 árvores/ha.

No segundo povoamento foi realizado um desbaste aos 16 anos (desbaste sistemático com a remoção de uma linha em cada três linhas de

árvores, seguido da remoção seletiva das árvores atacadas e daquelas com menor diâmetro, até atingir 900 árvores/ha, e o segundo aos 19 anos, também com a remoção das árvores atacadas e das com menor diâmetro, deixando-se 450 árvores/ha.

Em ambos os casos o desbaste realizado poderá exceder a intensidade planejada por remover todas as árvores atacadas pela vespa-da-madeira.

As idades estudadas para o corte final das árvores foram de 20 a 30 anos, com intervalos de 2 anos.

Foi estipulado que 2/3 das árvores atacadas pertenciam às menores classes diamétricas, e que as demais distribuíam-se casualmente no restante do povoamento. Assim, após a aplicação do desbaste sistemático de linhas inteiras de árvores, no desbaste das remanescentes, foi considerada também a aplicação de nematóides em 20% das árvores atacadas e a remoção das demais árvores atacadas, de acordo com a relação 2/3 e 1/3.

As dimensões das toras para diferentes finalidades industriais e os preços referentes ao mercado de Curitiba - PR, em agosto de 1996, estão especificados na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões de toras e preços por M³ de madeira para diferentes finalidades industriais

Finalidade Industrial	Diâmetro Mínimo (cm)	Comprimento (m)	Preço US\$/m ³
Laminação	25,0	2,4	24,56
Serraria	15,0	2,4	16,87
Celulose	8,0	1,2	10,64
Energia	--	--	6,00

Os custos de produção são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Custos para a produção de madeira de <i>Pinus</i> spp. na região de Curitiba-PR (Agosto de 1995)	
A. Implantação do povoamento	US\$ 600/ha
B. Exploração	
1. Corte das árvores	US\$ 0,98/m³
2. Desgalhamento	US\$ 0,18/m³
3. Extração	US\$ 1,00/m³
4. Traçamento	US\$ 0,16/m³
5. Carregamento	US\$ 0,71/m³
6. Transporte	US\$ 2,30/m³
7. Descarregamento	US\$ 0,67/m³
C. Administração	US\$ 20/ha/ano
D. Manutenção	
1. 1º ano	US\$ 150/ha
2. 4º ano	US\$ 50/ha
3. 9º ano	US\$ 40/ha
E. Operações de monitoramento e controle de <i>S. noctilio</i>	US\$ 30/ha/5 anos

Avaliação da rentabilidade econômica

Para a avaliação da rentabilidade econômica foi utilizado o software Planin Oliveira (1997), tendo por base o método do Valor Anual Equivalente (VAE) em que o Valor Presente Líquido de um fluxo financeiro a uma Taxa Mínima de Atratividade é transformado em uma série uniforme anual equivalente.

Resultados e discussão

A realização de desbastes sistemáticos de linhas inteiras com o seletivo nas remanescentes é constante entre os produtores de *Pinus*, principalmente por facilitar as operações de corte e retirada das árvores. Esta prática foi mantida em todas as

simulações estudadas, entretanto, se o produtor optar apenas por desbastes seletivos, retirando as árvores atacadas e as de diâmetros inferiores, ele pode conseguir maior produção madeireira, principalmente em povoamentos com percentuais de ataque em que o desbaste previsto é insuficiente para retirar todas as árvores atacadas.

Os resultados obtidos para os dois povoamentos estudados são apresentados a seguir.

Povoamento com ataque aos 12 anos

Para percentuais de ocorrência de *S. noctilio* de até 30%, o desbaste sistemático, seguido de seletivo, aos 12 anos, foi suficiente para remover todas as árvores atacadas. Entretanto, a partir de 40% de ataque, a remoção de todas as árvores atacadas fez com que o número de árvores remanescentes por hectare, após o desbaste, ficasse inferior aos 925 previstos.

As prognoses de produção para idades de corte final de 20 a 30 anos, em função de diferentes níveis de ataque, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores do crescimento e produção de madeira (m³/ha) de <i>Pinus taeda</i> para exemplo 1, sem ataque de <i>Sirex noctilio</i>								
Idade (anos)	Altura dominante (m)	N/ha	Diâmetro médio (cm)	Altura média (m)	Área basal (m²)	Volume total (m³)	IMA (m³)	ICA (m³)
12	17,7	1850	19,0	15,2	52,4	372,0	31,0	31,0
Desbaste pela remoção de 1 linha em cada 4 linhas e, em seguida, desbaste pela remoção de 463 árvores								
		925	21,0	15,9	32,0	233,4	Removido=	138,6
14	20,0	918	22,8	17,8	37,7	313,8	32,0	38,2
16	22,1	907	24,6	19,6	43,0	395,0	33,1	40,6
Desbaste pela remoção de 457 árvores								
		450	27,4	20,6	26,5	254,1	Removido=	140,9
18	23,7	449	28,9	22,4	29,4	308,0	32,6	26,9
20	25,6	447	30,7	24,1	33,2	375,7	32,8	33,8
22	27,4	444	32,4	25,6	36,5	440,4	32,7	32,1
24	29,1	441	33,8	27,2	39,5	505,1	32,7	32,3
26	30,6	436	35,1	28,6	42,1	567,7	32,6	31,3
28	32,2	431	36,2	30,0	44,4	626,9	32,4	29,6
30	33,6	425	37,3	31,3	46,4	685,5	31,2	29,3

A análise econômica destas produções estão apresentadas na Tabela 4, indicando que a rotação aos 24 anos de idade apresenta a maior rentabilidade econômica, para qualquer nível de ocorrência de *S. noctilio*.

Tabela 4. Produção de madeira (m³/ha) de *Pinus taeda* para o exemplo 1, por classes de utilização industrial, para níveis de ataque de *Sirex noctilio*, de 0 a 70 %

Sem ataque	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
Corte final aos 12 anos	372,0	12,1	210,5	125,0	24,4
1º desbaste (12 anos)	138,6	3,3	64,4	57,3	13,5
2º desbaste (16 anos)	140,9	10,0	87,5	37,4	6,0
Corte final aos 20 anos	375,7	202,6	136,9	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	440,4	265,2	142,6	27,3	5,3
Corte final aos 24 anos	505,1	328,4	139,3	31,8	5,6
Corte final aos 26 anos	567,7	398,7	142,6	26,0	4,8
Corte final aos 28 anos	626,9	453,5	135,5	28,7	4,8
Corte final aos 30 anos	685,5	519,3	132,7	20,6	4,9

Ataque em 10 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	138,6	3,3	64,4	38,7	32,1
2º desbaste (16 anos)	140,9	10,0	87,5	37,4	6,0
Corte final aos 20 anos	375,7	202,6	136,9	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	440,4	265,2	142,6	27,3	5,3
Corte final aos 24 anos	505,1	328,4	139,3	31,8	5,6
Corte final aos 26 anos	567,7	398,7	142,6	26,0	4,8
Corte final aos 28 anos	626,9	453,5	135,5	28,7	4,8
Corte final aos 30 anos	685,5	519,3	132,7	20,6	4,9

Ataque em 20 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	150,2	3,7	73,0	36,7	36,8
2º desbaste (16 anos)	131,9	8,1	76,3	42,3	5,2
Corte final aos 20 anos	366,6	194,0	136,7	31,1	4,7
Corte final aos 22 anos	430,4	255,2	139,9	30,6	4,8
Corte final aos 24 anos	494,7	318,2	139,4	32,0	5,1
Corte final aos 26 anos	556,0	386,7	136,2	28,6	4,6
Corte final aos 28 anos	615,2	441,9	137,9	30,4	5,0
Corte final aos 30 anos	671,6	505,5	130,6	30,6	4,9

Ataque em 30 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	189,6	2,6	42,9	25,3	118,8
2º desbaste (16 anos)	95,2	3,3	48,2	37,1	6,7
Corte final aos 20 anos	353,0	183,7	135,3	28,9	5,1
Corte final aos 22 anos	416,1	243,5	139,5	28,6	5,6
Corte final aos 24 anos	477,8	305,8	137,3	28,9	5,8
Corte final aos 26 anos	539,7	372,4	132,2	28,8	5,3
Corte final aos 28 anos	598,4	424,1	139,9	29,3	5,1
Corte final aos 30 anos	654,5	491,8	130,6	27,0	5,2

Continuação da Tabela 4

Ataque em 40 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	208,4	1,9	31,6	18,8	156,1
2º desbaste (16 anos)	73,1	2,4	34,6	30,7	5,4
Corte final aos 20 anos	349,6	181,6	134,6	27,6	5,9
Corte final aos 22 anos	411,4	238,7	138,6	28,7	5,5
Corte final aos 24 anos	472,0	300,0	137,3	29,5	5,1
Corte final aos 26 anos	532,5	357,1	140,6	29,5	5,3
Corte final aos 28 anos	591,3	422,5	135,4	28,4	5,1
Corte final aos 30 anos	647,8	481,8	131,4	29,2	5,3

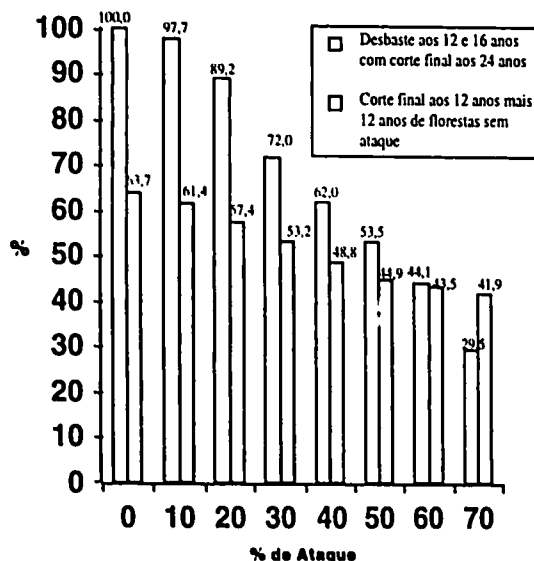
Ataque em 50 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	227,6	1,3	21,5	12,7	192,1
2º desbaste (16 anos)	51,4	1,5	23,2	22,7	3,9
Corte final aos 20 anos	345,6	179,0	129,8	30,5	5,4
Corte final aos 22 anos	406,3	235,8	136,0	28,9	5,6
Corte final aos 24 anos	466,9	296,9	136,9	28,3	5,3
Corte final aos 26 anos	527,3	353,9	139,8	28,3	5,4
Corte final aos 28 anos	585,0	418,5	132,7	28,4	5,4
Corte final aos 30 anos	641,3	477,8	130,3	27,6	5,7

Ataque em 60 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	265,3	1,3	21,4	12,7	166,1
2º desbaste (16 anos)	13,7	0,2	4,1	8,0	1,4
Corte final aos 20 anos	331,6	168,3	127,1	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	391,9	223,7	131,8	30,8	5,6
Corte final aos 24 anos	451,9	290,6	126,3	29,8	5,3
Corte final aos 26 anos	510,2	340,2	134,1	30,5	5,4
Corte final aos 28 anos	568,1	405,4	128,1	28,9	5,7
Corte final aos 30 anos	623,6	457,6	132,3	28,1	5,7

Ataque em 70 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	293,5	1,0	16,0	2,8	273,7
2º desbaste (16 anos)	0	0	0	0	0
Corte final aos 20 anos	290,4	145,0	112,6	28,0	4,8
Corte final aos 22 anos	346,1	193,5	113,5	28,1	4,9
Corte final aos 24 anos	402,9	258,2	114,2	25,2	5,3
Corte final aos 26 anos	457,4	314,2	110,6	27,7	4,8
Corte final aos 28 anos	511,6	367,6	112,2	27,0	4,8
Corte final aos 30 anos	566,6	422,2	112,2	27,0	5,1

Na Figura 1, estão apresentados os percentuais de rentabilidade de povoamentos com 12 anos atacados por *Sirex noctilio*, em relação ao regime de manejo de maior rentabilidade (sem ataque, 2 desbastes, corte final aos 24 anos), em um horizonte de planejamento de 24 anos.

Figura 1. Percentais de rentabilidade de povoamentos com 12 anos atacados por *Sirex noctilio*, em relação ao regime de manejo de maior rentabilidade (sem ataque, 2 desbastes, corte final aos 24 anos), em um horizonte de planejamento de 24 anos.



Como pode ser observado, para os diferentes níveis de ataque de *S. noctilio*, o corte final do povoamento seguido do plantio de uma nova floresta foi recomendável, apenas, para ataques a partir de 60%, onde as perdas em rentabilidade econômica passam a ser equivalentes.

Povoamento com ataque aos 16 anos

A rotação aos 24 anos, para qualquer nível de ataque de *S. noctilio* foi a mais rentável economicamente entre as rotações de 20 a 30 anos, conforme estudo prévio através de simulações e procedimentos adotados para o exemplo anterior (ataque aos 12 anos). As prognoses de produção para o povoamento com ataque aos 16 anos, considerando o corte final imediato e aos 24 anos, estão apresentadas na Tabela 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5. Produção de madeira (m³/ha) por classe de utilização industrial, de *Pinus taeda* para o exemplo 2, com níveis de ataque de *Sirex noctilio* de 0 to 70 %, com corte aos 24 anos.

% ataque de <i>S. noctilio</i>	Idade (anos)	total m³	laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
0	16	203,0	25,4	102,2	64,4	11,0
	19	129,4	7,5	75,6	40,8	5,5
	24	426,7	237,7	156,2	27,4	5,4
10	16	203,0	22,8	93,7	49,8	36,7
	19	129,4	7,5	75,6	40,8	5,5
	24	426,7	237,7	156,2	27,4	5,4
20	16	203,0	20,3	47,4	35,2	100,1
	19	129,4	7,5	75,6	40,8	5,5
	24	426,7	237,7	156,2	27,4	5,4
30	16	204,4	17,7	39,4	21,5	125,8
	19	129,4	7,5	75,6	40,8	5,5
	24	426,7	237,7	156,2	27,4	5,4
40	16	228,3	15,6	39,4	20,3	153,0
	19	102,3	7,9	60,7	30,0	3,7
	24	437,4	249,7	155,0	27,3	5,4
50	16	293,0	25,2	71,1	16,9	179,8
	19	53,5	2,5	29,6	18,8	2,6
	24	422,4	238,1	145,4	33,1	5,8
60	16	321,0	23,3	74,9	15,6	207,2
	19	16,8	0,5	10,1	5,6	0,6
	24	429,3	245,1	146,4	32,2	5,6
70	16	338	12,8	79,7	10,1	235,4
	19					
	24	416,2	261,3	121,5	28,8	4,6

Tabela 6. Valores da produção de madeira (m³/ha) por classe de utilização de *Pinus taeda* para o exemplo # 2, considerando o corte final aos 16 anos.

% ataque de <i>S. noctilio</i>	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
0	537,8	77,1	292,1	145,8	22,8
10	537,8	74,5	283,6	131,2	48,4
20	537,8	72,0	237,3	116,6	111,9
30	537,8	69,4	228,9	102,1	137,5
40	537,8	66,8	220,4	87,5	163,1
50	537,8	64,3	211,9	72,9	169,7
60	537,8	61,7	203,4	59,3	214,4
70	537,8	59,1	195,0	43,7	240,0

Os Valores Anuais Equivalentes (VAE's) para povoamentos com percentuais de ataque de 0 a 70 %, submetidos a desbastes aos 16 e 19 anos, remoção de árvores atacadas, tratamento com mematóide e corte final aos 24 anos, e com corte final aos 16 anos, considerando também, neste caso, mais 8 anos de rentabilidade da floresta sem ataque, estão apresentados na Tabela 7 e 8.

Tabela 7. Valores anuais equivalentes para o exemplo 1, considerando corte final dos 20 aos 30 anos.

% de ataque de <i>S. noctilio</i>	Idade de corte final							Corte final - 12 anos mais replantio*
	12	20	22	24	26	28	30	
0	68,2	144,9	149,5	149,5	149,5	141,9	136,6	95,2
10	63,1	141,1	146,0	146,0	146,0	138,7	133,5	91,8
20	54,2	127,0	132,0	133,0	132,8	127,7	122,4	85,8
30	44,8	98,5	105,0	106,7	107,6	103,8	100,2	79,6
40	35,0	83,2	89,9	92,7	92,3	90,8	86,5	73,0
50	26,1	68,3	75,9	80,0	80,0	78,5	75,0	67,1
60	23,0	51,8	60,0	66,0	65,7	65,4	61,8	65,0
70	19,5	27,7	37,5	44,1	46,2	45,9	44,3	62,7

*Considerou-se que, após o corte do povoamento aos 12 anos, foi efetuado um replantio, no qual não ocorrerá ataque de *S. noctilio*, sendo cortado com 24 anos, possibilitando a máxima rentabilidade econômica.

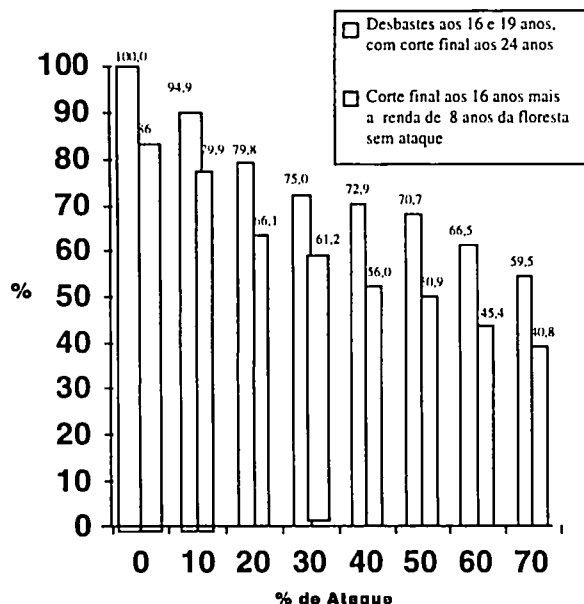
Tabela 8. Valores anuais equivalentes para o exemplo 2, considerando o corte final aos 16 e aos 24 anos

% de ataque de <i>S. noctilio</i>	Idade de corte final		Corte final -16 anos mais replantio*
	16	30	
0	106,5	128,2	110,7
10	98,4	121,7	102,4
20	74,3	103,3	84,8
30	66,3	96,1	78,4
40	58,2	93,4	71,8
50	50,1	90,6	65,3
60	42,0	85,2	58,8
70	33,9	76,3	52,3

*Considero-se que, após o corte do povoamento aos 16 anos, foi efetuado um replantio no qual não ocorrerá ataque de *S. noctilio*, sendo cortado com 24 anos, possibilitando a máxima rentabilidade econômica.

Os percentuais de rentabilidade de cada situação em relação ao regime de manejo de maior rentabilidade (sem ataque, 2 desbastes, corte final aos 24 anos), em um horizonte de planejamento de 24 anos, estão apresentados na Figura 2.

Figura 2. Percentuais de rentabilidade de povoamentos com 16 anos atacados por *Sirex noctilio*, em relação ao regime de manejo de maior rentabilidade (sem ataque, 2 desbastes, corte final aos 24 anos) em um horizonte de 24 anos.



Para todos os níveis de ataque, a floresta manejada e cortada aos 24 anos supera, em termos de rentabilidade econômica, a floresta cortada aos 16 anos. Tomando-se como exemplo o nível de ataque de 50 %, o corte imediato do povoamento levaria a prejuízos na ordem de 49,1 % da rentabilidade econômica, enquanto que, a condução do povoamento com o manejo adequado, reduziria esta perda para 29,3 %.

Considerações finais

Os softwares Sispinus e Planin possibilitam quantificar a produção e a rentabilidade econômica de povoamentos florestais com diferentes intensidades de ataque de *S. noctilio* submetidos a diferentes regimes de manejo. Entretanto, alguns aspectos devem ser observados:

1. Sistema considera que a distribuição espacial das árvores atacadas tenha ocorrido de forma regular.
2. Existe a possibilidade de "acamamento" das árvores remanescentes, após desbastes muito intensos.
3. Podem existir problemas com estradas e outras dificuldades para a exploração e realização de desbastes.
4. Alguma estratégia do administrador, ligada a aspectos como o cumprimento de compromissos com o mercado consumidor ou o abastecimento de fábricas agregadas com matéria prima, que o leva a optar por cortar povoamentos fora da idade ideal.

Assim, nem sempre a decisão pode estar baseada apenas no critério econômico. Em todas as situações, deve prevalecer o bom senso na decisão final.

Uma análise de sensibilidade da rentabilidade deve ser realizada, variando-se os diversos centros de custos e preços, buscando uma visão estratégica que possibilite a minimização das perdas decorrentes do ataque de *S. noctilio*.

Referências

- Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, EMBRAPA. 1992. Inoculação de nematóides. Colombo: EMBRAPA. Folder.
- Chrystal, R. N. 1928. Studies of *Sirex* parasites. The Empire Forestry Journal. 2 (7): 145-154.
- Madden, J. L. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65: 491-500.
- Neumann, F.G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bulletin 29. Victoria: Department of Conservation. Forest and Lands. 41 p.

Oliveira, E. B. 1995. "Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L. com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Tese Doutorado. 134 p.