

DESENVOLVIMENTO DE NOVOS AÇOS PARA RODAS FERROVIÁRIAS



Danilo José de Rezende Pivotto e Paulo Roberto Mei
(e-mail: danilo_pivotto@yahoo.com.br)



FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA CNPq

Palavras-Chave: Aço Microligado - Roda Ferroviária - Microestrutura

INTRODUÇÃO

Este trabalho esteve voltado para o desenvolvimento de aços microligados que substituirão os aços atualmente utilizados pela indústria nacional na produção de rodas ferroviárias. Por isso, o efeito da adição de 0,05 % de nióbio e 0,12 % de molibdênio na estrutura e propriedades mecânicas de aços com 0,5; 0,6 e 0,7 %C foram estudados. O projeto é financiado pela empresa MWL Brasil Rodas e Eixos Ltda.

METODOLOGIA

Foram fornecidas pela empresa MWL seis barras de aço com 90 x 90 x 715 mm com 36% de deformação inicial. Além desta deformação, os corpos de provas foram laminados em laboratório simulando a fabricação da roda por forjamento. Foram laminados corpos de prova de mesmo teor de carbono aos pares e simultaneamente, sendo uma amostra microligada e outra convencional. Os dois corpos de prova foram acoplados por um pino de diâmetro 3/8". Foram utilizados 2 termopares do tipo K, sendo um para cada corpo de prova. Os corpos de prova foram aquecidos a 1250 °C para solubilização completa do nióbio, sendo então laminados em 4 passes, a partir de 1200 °C, sofrendo uma deformação total (redução em altura) de 67%, seguida de resfriamento ao ar.

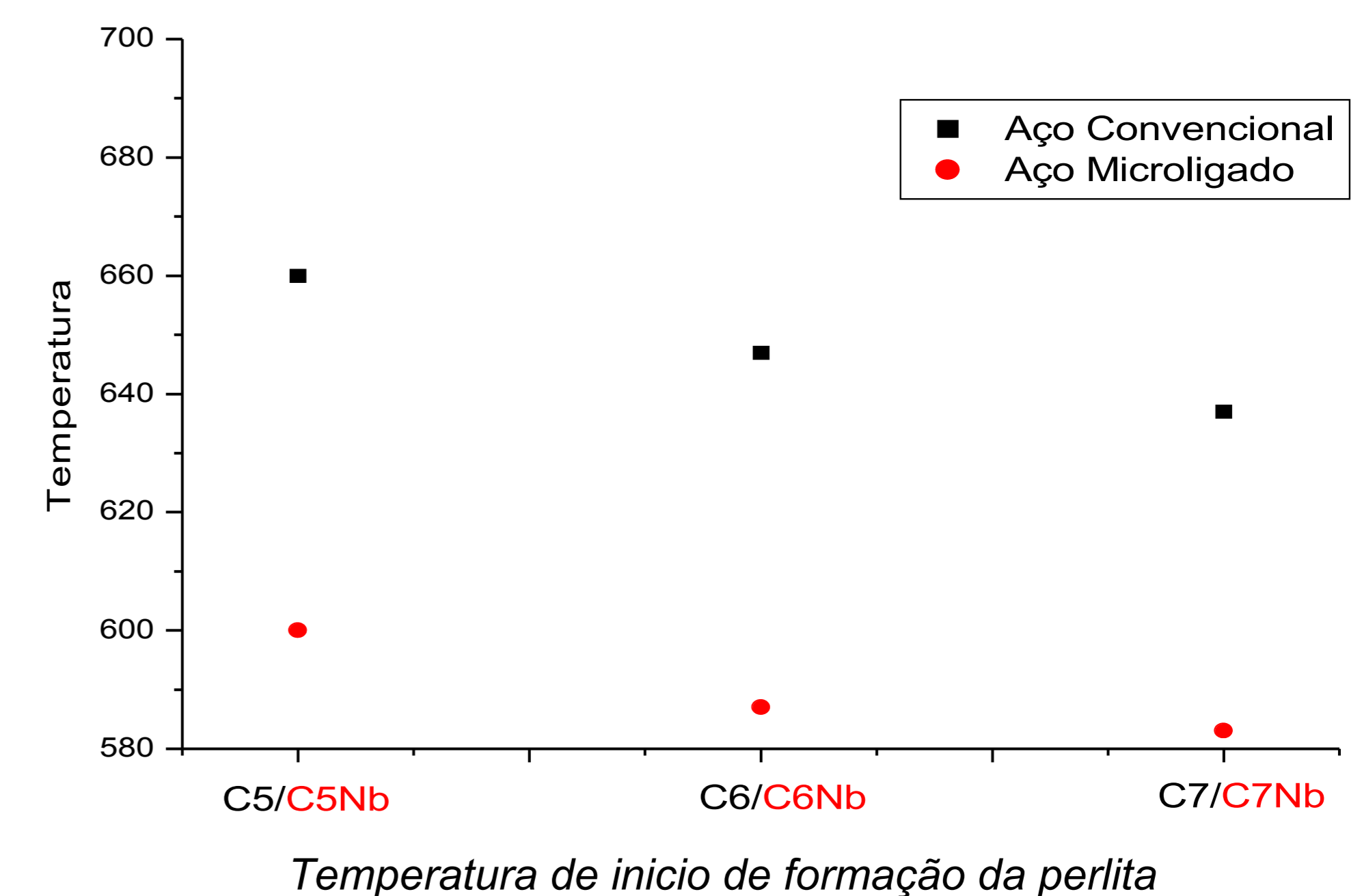
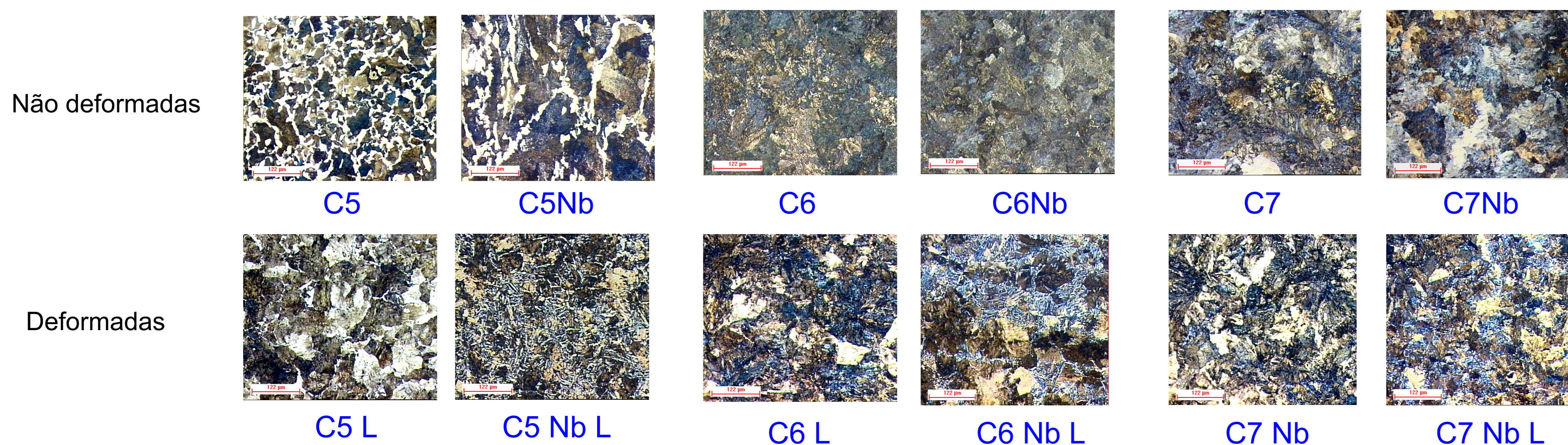
Foram feitos estudos metalográficos e ensaios de tração nas amostras de aços antes e após a deformação imposta pela laminação a quente. Para os aços laminados, foram realizados dois ensaios de tração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com aumento do teor de carbono, foi possível verificar que o LR (limite de resistência) e o LE (limite de escoamento) foram elevados com e sem adição de nióbio e molibdênio, e este efeito foi mais intenso nos aços laminados. Antes da laminação, os aços com e sem adição de nióbio e molibdênio apresentavam valores próximos de LE e LR, porém após a laminação os aços microligados apresentaram valores de LE e LR maiores do que os aços de igual teor de carbono mas sem a adição de nióbio e molibdênio. O aumento do teor de carbono reduziu o AL (alongamento) e a RA (redução de área) dos aços com e sem adição de nióbio e molibdênio, tanto antes como após a laminação. Antes da laminação os aços com e sem adição de nióbio e molibdênio apresentavam valores próximos de AL, porém a RA foi maior nos aços microligados. A laminação não teve efeito significativo no AL e RA dos aços não microligados, mas reduziu os valores destas propriedades nos aços microligados, ficando estes aços com valores menores destas propriedades que nos aços não microligados. A adição de nióbio e molibdênio reduziu a temperatura de início da formação de perlita. Observou-se também que, para os aços microligados, depois da laminação, ocorreu a acicularização da ferrita. A adição de nióbio e molibdênio foi responsável pelo atraso de início da decomposição da austenita.

Composição (% em peso)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Nb	Al
C5	0,5	0,3	0,66	0,019	0,014	0,12	0,04	<0,01	0,021
C5Nb	0,47	0,3	0,68	0,019	0,011	0,21	0,13	0,04	0,021
C6	0,64	0,42	0,77	0,018	0,016	0,22	0,03	<0,01	0,026
C6Nb	0,62	0,41	0,84	0,02	0,012	0,21	0,12	0,05	0,027
C7	0,75	0,3	0,79	0,018	0,016	0,23	0,04	<0,01	0,025
C7Nb	0,74	0,3	0,83	0,016	0,01	0,22	0,12	0,05	0,027



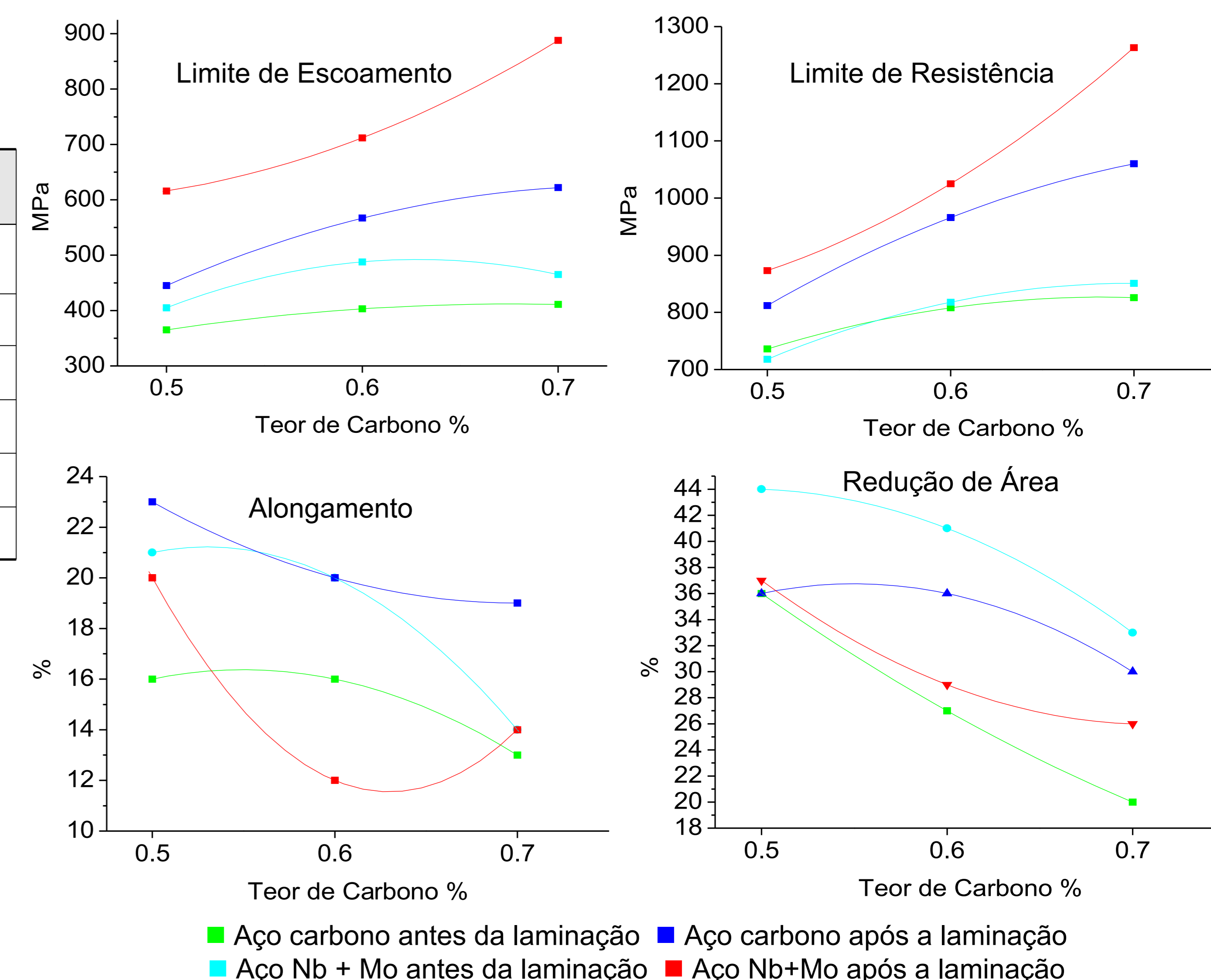
ENSAIO DE TRAÇÃO

Antes da Laminação

Corpo de Prova	LE 0.2% (MPa)	LR (MPa)	AL (%)	R.A. (%)
C5	365	736	16	36
C5Nb	405	718	21	44
C6	403	808	16	27
C6Nb	488	818	20	41
C7	411	826	13	20
C7Nb	465	851	14	33

Após a Laminação

Corpo de Prova	LE 0.2% (MPa)	LR (MPa)	AL (%)	R.A. (%)
C5L	445 ± 6	812 ± 24	23 ± 2	36 ± 1
C5NbL	616 ± 5	873 ± 3	20 ± 2	37 ± 0
C6L	567 ± 14	966 ± 11	20 ± 1	36 ± 1
C6NbL	712 ± 27	1025 ± 28	12 ± 0	29 ± 3
C7L	622 ± 5	1060 ± 6	19 ± 1	30 ± 1
C7NbL	888 ± 1	1263 ± 18	14 ± 1	26 ± 4



CONCLUSÕES

Nas amostras de aço recebidas e não laminadas, observou-se que a adição de nióbio e molibdênio provocou aumento entre 10 e 20 % no limite de escoamento, entre 10 e 30 % no alongamento e entre 20 e 60 % na redução de área, sem alteração significativa no limite de resistência dos aços. A adição de nióbio e molibdênio foi responsável por elevar o limite de resistência e escoamento. A ductilidade praticamente não foi alterada para as ligas convencionais, mas houve um decréscimo após a laminação. A adição de nióbio e molibdênio foi responsável pela acicularização da ferrita e pelo atraso de início de decomposição da austenita.