

Edmundo Cepeda Arlindo

**Análise Mecânica do Látex Proveniente de Luvas Cirúrgicas
Recicladas com Cinza de Bagaço de Cana-de-Açúcar Antes
e Após a Irradiação de Elétrons**

São Paulo

2013

Departamento de Engenharia
Metalúrgica e de Materiais da
Escola Politécnica da USP

Edmundo Cepeda Arlindo

**Análise Mecânica do Látex Proveniente de Luvas Cirúrgicas
Recicladas com Cinza de Bagaço de Cana-de-Açúcar Antes e
Após a Irradiação de Elétrons**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo.

Departamento de Engenharia
Metalúrgica e de Materiais

Orientador: Prof. Dr. Hélio Wiebeck

São Paulo

2013

*"My favorite things in life don't cost any money.
It's really clear that the most precious resource
we all have is time"*

(Steve Jobs)

Agradecimentos

Agradeço os professores Hélio Wiebeck e Fábio Éspér por todo auxílio dado e por contribuírem para meu sucesso na realização do meu trabalho.

Agradeço ao Djalma Dias e Leonardo Gondim pela atenção e assistência prestadas na realização dos ensaios no IPEN.

Agradeço à Camila Fernanda Paula Oliveira pela ajuda com a realização dos experimentos iniciais.

Agradeço aos meus pais pela paciência durante os anos e por nunca deixarem de acreditar em mim.

E por fim um agradecimento especial à Bárbara Barretto Martins, pois sem sua ajuda eu não estaria aqui hoje.

Resumo

Nos dias atuais, devido ao grande volume de lixo urbano gerado e a falta de locais apropriados para seu processamento, a disposição de resíduos sólidos e seus impactos no meio ambiente, vêm se tornando um problema cada vez mais presente no dia a dia das sociedades contemporâneas.

Tendo isso em vista, o objetivo deste trabalho é analisar a propriedades mecânicas do látex proveniente de luvas cirúrgicas recicladas com a adição de cargas antes e após irradiação de elétrons. Ensaio de tração e análises de infravermelho foram realizados para analisar a influência de diferentes cargas (argila modificada, argila natural, negro de fumo, cinza de casca de arroz, cinza de bagaço de cana e pó de pneu) nas propriedades mecânicas do material reciclado.

Palavras-chave: Borracha natural, cinza da casca de arroz, cinza de bagaço de cana, luvas cirúrgicas, argila.

Abstract

Nowadays, due to the large volume of urban waste generated and the lack of suitable sites for processing it, disposal of solid waste and its impacts on the environment are becoming a problem more and more present in everyday life of contemporary societies.

Keeping this in view, the aim of this work is to analyze the mechanical properties of recycled latex surgical gloves with the addition of fillers before and after electron irradiation. Tensile tests and analyzes of infrared were performed to analyze the influence of the fillers (modified clay, natural clay, carbon black, rice husk ash, bagasse ash and tire dust) on the mechanical properties the recycled material.

Keywords: Natural rubber, rice rusk ash, sugarcane bagasse ash, surgical gloves, clay.

Lista de Figuras

Figura 1 - Estrutura molecular do Isopreno.....	14
Figura 2 - Técnica de sangria aplicada em seringueiras.....	15
Figura 3 - Intercalação entre partículas inorgânicas e cadeias poliméricas.....	16
Figura 4 - Estrutura dos argilominerais 1:1 (Caulinita).....	17
Figura 5 - Estrutura dos argilominerais 2:1 (Talco e pirofilita).....	17
Figura 6 - Destino final do pó de pneu reciclado.....	20
Figura 7 - Formação de pontes de enxofre entre moléculas de poli-isopreno. .	21
Figura 8 - Balança utilizada para a pesagem dos materiais.	22
Figura 9 - Calandra da marca Mecanoplast.....	23
Figura 10 - Prensa hidráulica da marca Marconi.	23
Figura 11 - Equipamento utilizado nos ensaios de tração.	24
Figura 12 - Corpo de prova durante ensaio de tração.	25
Figura 13 - Espectro eletromagnético.....	26
Figura 14 - Espectrômetro de infravermelho.....	26
Figura 15 - Imagem das luvas cortadas e armazenadas nos potes plásticos...27	
Figura 16 - Borracha natural antes do processamento.....	28
Figura 17 - Início da homogeneização da LC + BN.	28
Figura 18 - Massa 20 minutos após início da homogeneização.	29
Figura 19 - Massa completamente homogênea.....	29
Figura 20 - Enxofre (S) e Dissulfeto de Tetrametil (TMTD).....	30
Figura 21 - Dissulfeto de Mercaptobenzotiazol (TMTD) e Óxido de Zinco (OZ)31	
Figura 22 - Ácido Esteárico (AE).....	31
Figura 23 - Técnica utilizada para melhor homogeneização das mantas.	32
Figura 24 - Manta 1 (10 PCR AM) e Manta 2 (30 PCR AN).....	33
Figura 25 - Manta 3 (10 PCR AN) e Manta 4 (40 PCR NF).	33
Figura 26 - Manta 5 (10 PCR CCA) e Manta 6 (10 PCR CBC).....	34
Figura 27 - Manta 7 (10 PCR PP) e Manta 8 (LC + BN sem cargas).....	34
Figura 28 - Manta 9 (BN)	34
Figura 29 - Molde metálico utilizado para vulcanização das mantas.	36
Figura 30 - Mantas após o processo de vulcanização.....	36
Figura 31 - Molde utilizado para corte dos corpos de prova.	37
Figura 32 - Corpos de prova cortados.	37

Figura 33 - Corpos de prova de todas as composições.....	38
Figura 34 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AM Irradiados	39
Figura 35 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AM Não Irradiados.....	40
Figura 36 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AN (30 PCR) Irradiados.	41
Figura 37 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AN (30 PCR) Não Irradiados.....	42
Figura 38 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AN (10 PCR) Irradiados.	43
Figura 39 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AN (10PCR) Não Irradiados.....	44
Figura 40 - Gráfico de tensão X deformação CPs de NF Irradiados.....	45
Figura 41 - Gráfico de tensão X deformação CPs de NF Não Irradiados	46
Figura 42 - Gráfico de tensão X deformação CPs de CCA Irradiados	47
Figura 43 - Gráfico de tensão X deformação CPs de CCA Não Irradiados	48
Figura 44 - Gráfico de tensão X deformação CPs de CBC Irradiados	49
Figura 45 - Gráfico de tensão X deformação CPs de CBC Não Irradiados	50
Figura 46 - Gráfico de tensão X deformação CPs de PP Irradiados.....	51
Figura 47 - Gráfico de tensão X deformação CPs de PP Não Irradiados	52
Figura 48 - Gráfico de tensão X deformação CPs de LC + BN Irradiados.....	53
Figura 49 - Gráfico de tensão X deformação CPs de LC + BN Não Irradiados	54
Figura 50 - Gráfico de tensão X deformação CPs de BN Irradiados.....	55
Figura 51 - Gráfico de tensão X deformação CPs de BN Irradiados.....	56
Figura 52 - Espectro no infravermelho da amostra de BN	59
Figura 53 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC	60
Figura 54 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC +10 PCR AM .	60
Figura 55 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 10 PCR AN.	61
Figura 56 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 30 PCR AN.	61
Figura 57 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 40 PCR NF .	62
Figura 58 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 10 PCR CCA	62
Figura 59 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 10 PCR CBC	63
Figura 60 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 10 PCR PP .	63

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Composição das mantas.	35
Tabela 2 - Resultados ensaio de tração (10 PCR AM Irradiada)	39
Tabela 3 - Resultados ensaio de tração (10 PCR AM Não Irradiada).....	40
Tabela 4 - Resultados ensaio de tração (30 PCR AN Irradiada).....	41
Tabela 5 - Resultados ensaio de tração (30 PCR AN Não Irradiada).....	42
Tabela 6 - Resultados ensaio de tração (10 PCR AN Irradiada).....	43
Tabela 7 - Resultados ensaio de tração (10 PCR AN Não Irradiada).....	44
Tabela 8 - Resultados ensaio de tração (40 PCR NF Irradiada).....	45
Tabela 9 - Resultados ensaio de tração (40 PCR NF Não Irradiada)	46
Tabela 10 - Resultados ensaio de tração (10 PCR CCA Irradiada).....	47
Tabela 11 - Resultados ensaio de tração (10 PCR CCA Não Irradiada)	48
Tabela 12 - Resultados ensaio de tração (10 PCR CBC Irradiada).....	49
Tabela 13 - Resultados ensaio de tração (10 PCR CBC Não Irradiada)	50
Tabela 14 - Resultados ensaio de tração (10 PCR PP Irradiada).....	51
Tabela 15 - Resultados ensaio de tração (10 PCR PP Não Irradiada)	52
Tabela 16 - Resultados ensaio de tração (LC + BN Irradiada)	53
Tabela 17 - Resultados ensaio de tração (LC + BN Não Irradiada).....	54
Tabela 18 - Resultados ensaio de tração (BN pura Irradiada).....	55
Tabela 19 - Resultados ensaio de tração (BN pura Não Irradiada)	56
Tabela 20 - Resultados Médios do Ensaio de Tração das Amostras Irradiadas	57
Tabela 21 - Resultados Médios do Ensaio de Tração das Amostras Não Irradiadas	58

Lista de Abreviaturas e Siglas

PHR – *parts Per Hundred parts of Rubber* (partes por 100 de borracha)

BN – Borracha natural

LC – Luvas cirúrgicas

AN – Argila natural

AM – Argila modificada

CCA – Cinza da casca de arroz

PP – Pó de pneu

MBTS – Dissulfeto de mercaptobenzotiazol

TMTD – Dissulfeto de tetrametiltiuram

AE – Acido Esteárico

S – Enxofre

CP – Corpos de prova

OZ – Óxido de Zinco

Sumário

1	Revisão Bibliográfica	14
1.1	Borracha Natural.....	14
1.2	Argila Modificada	15
1.3	Argila Natural	16
1.4	Negro de fumo	17
1.5	Cinza de casca de arroz	18
1.6	Cinza de Bagaço de Cana	19
1.7	Pó de Pneu	19
1.8	Vulcanização	20
1.9	Radiação por feixe de elétrons	21
2	Objetivo.....	22
3	Equipamentos e Métodos	22
3.1	Ensaio mecânico de tração.....	24
3.2	Espectropia de infravermelho	25
4	Procedimento experimental	27
4.1	Obtenção das mantas.....	27
4.2	Obtenção dos corpos de prova.....	35
5	Resultados.....	38
5.1	Ensaio Mecânico de tração	38
5.1.1	10 PCR AM Irradiada	39
5.1.2	10 PCR AM Não Irradiada.....	40
5.1.3	30 PCR AN Irradiada.....	41
5.1.4	30 PCR AN Não Irradiada	42
5.1.5	10 PCR AN Irradiada.....	43
5.1.6	10 PCR AN Não Irradiada	44
5.1.7	40 PCR NF Irradiada	45
5.1.8	40 PCR NF Não Irradiada	46
5.1.9	10 PCR CCA Irradiada	47
5.1.10	10 PCR CCA Não Irradiada	48

5.1.11	10 PCR CBC Irradiada.....	49
5.1.12	10 PCR CBC Não Irradiada	50
5.1.13	10 PCR PP Irradiada	51
5.1.14	10 PCR PP Não Irradiada	52
5.1.15	LC + BN Irradiada	53
5.1.16	LC + BN Não irradiada.....	54
5.1.17	BN pura Irradiada.....	55
5.1.18	BN pura Não Irradiada	56
5.1.19	Discussão dos resultados	57
5.2	Espectropia no infravermelho	59
5.2.1	Borracha natural (BN)	59
5.2.2	BN + LC.....	60
5.2.3	BN + LC + 10 PCR AM.....	60
5.2.4	BN + LC + 10 PCR AN	61
5.2.5	BN + LC + 30 PCR AN	61
5.2.6	BN + LC + 40 PCR NF	62
5.2.7	BN + LC + 10 PCR CCA	62
5.2.8	BN + LC + 10 PCR CBC	63
5.2.9	BN + LC + 10 PCR PP	63
5.2.10	Discussão dos resultados	64
6	Conclusões.....	64
7	Revisão Bibliográfica	65

1 Revisão Bibliográfica

1.1 Borracha Natural

A borracha natural é uma macromolécula formada pela adição do monômero isopreno (Figura 1). Ela é constituída por um hidrocarboneto (cis-1,4-poliisopreno), apresentando uma cadeia molecular polimérica linear [1] [2].

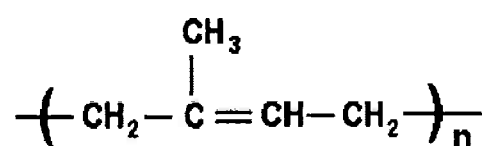


Figura 1 - Estrutura molecular do Isopreno.

A borracha natural é obtida primeiramente na forma de látex. O látex provém de uma espécie de árvore chamada *Hevea brasiliensis*, popularmente conhecida com seringueira. A extração do látex é feita através do processo de sangria. Neste processo pequenas incisões são feitas, em diagonal, na casca da árvore (Figura 2). Após o látex ser coletado, a seringueira continua escoando seiva em menores quantidades, no entanto esse escoamento para depois de algumas horas, pois ocorre a coagulação espontânea do látex devido ao contato com o ar.



Figura 2 - Técnica de sangria aplicada em seringueiras.

A borracha natural possui uma série de aplicações industriais, tais como pneumáticos, luvas cirúrgicas, preservativos e também em artefatos de borracha como solados de calçados e autopeças [3] [4].

1.2 Argila Modificada

Argilas modificadas são comumente usadas como material de enchimento de polímeros uma vez que possuem características de intercalação e esfoliação [5].

A utilização de materiais inorgânicos não apresenta uma interação boa com polímeros orgânicos uma vez que há falta de dispersão e adesão adequadas. Dessa forma, uma solução encontrada foi realizar modificações na superfície, para assim se obter uma interação melhor entre a superfície da argila com a da matriz polimérica [6]. Trocando-se os íons de sódio e cálcio (presentes nas lamelas das argilas) por íons alquilamônio é uma alternativa usada se realizar tal modificação na superfície da argila, fazendo com que sua

característica hidrofílica entre as lamelas se torne hidrofóbica. Tal modificação promove a redução das forças físicas interlamelares, o que facilita o processo de formação de nanocompósitos, assim como o processo de esfoliação [7]. A Figura 3 mostra o esquema de intercalação entre partículas inorgânicas e cadeias poliméricas.

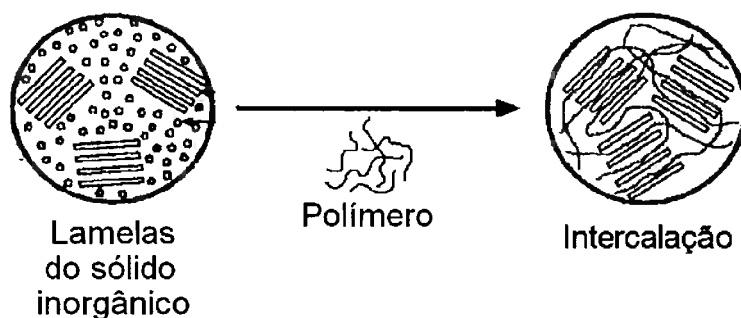


Figura 3 - Intercalação entre partículas inorgânicas e cadeias poliméricas

1.3 Argila Natural

Argilas são materiais naturais constituídas por partículas cristalinas muito pequenas (apresentam granulação fina com diâmetro inferior a 2 μm) que são chamados de argilominerais [8] [9]. Diferentes tipos de minerais como silicatos lamelares de magnésio e de alumínio, quartzo, feldspato, carbonatos, óxidos metálicos podem fazer parte da composição das argilas. Os argilominerais, também chamados de filossilicatos, são divididos em grupos de acordo com sua composição química e sua estrutura cristalina. As estruturas cristalinas são classificadas em 1:1 ou 2:1 [10]. A estrutura formada pela sobreposição de uma camada tetraédrica com uma camada octaédrica é chamada de 1:1 (Figura 4), já aquelas que são formadas da sobreposição de uma camada octaédrica com 2 camadas tetraédricas são chamadas de 2:1.

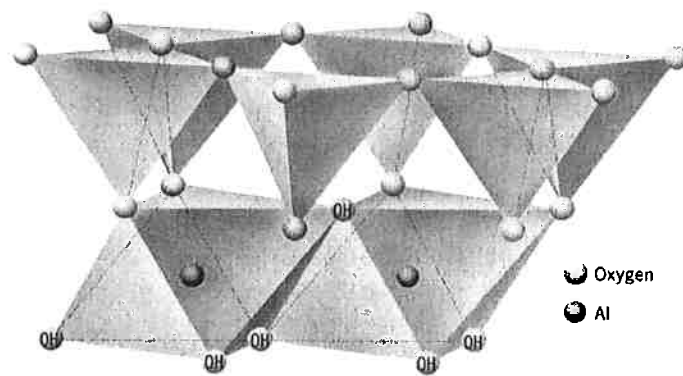


Figura 4 - Estrutura dos argilominerais 1:1 (Caulinita).

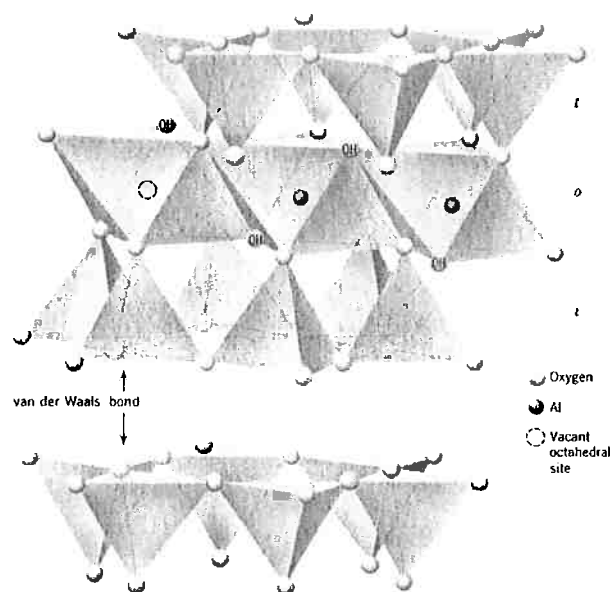


Figura 5 - Estrutura dos argilominerais 2:1 (Talco e pirofillita).

1.4 Negro de fumo

O negro de fumo é um material amorfo, composto de 99,5% de carbono [11]. É obtido através da combustão incompleta de compostos orgânicos como metano e acetileno.

- $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{C}$ (Combustão parcial do metano)
- $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{C}$ (Combustão parcial do acetileno)

Ele é amplamente utilizado como carga de reforço em composições elastoméricas, pois além de conferir excelentes propriedades aos materiais, ele também oferece um baixo preço e facilidade de processamento [12]. Uma consequência do reforço em elastômeros vulcanizados é o aumento na vida útil do compósito de borracha uma vez que ocorre melhora nas propriedades mecânicas como resistência à tração, à abrasão e o módulo de elasticidade [13].

1.5 Cinza de casca de arroz

O arroz é um dos maiores insumos agrícolas mundiais. Na sua produção muitos resíduos são gerados, e dentre eles estão as cascas que representam cerca de 23% do peso do arroz [14].

Por não possuir valor comercial a casca de arroz é utilizada na indústria como fonte de calor devido ao seu alto poder calorífico (16720 kJ/kg) [17].

A combustão da casca do arroz produz uma cinza formada predominantemente de sílica, podendo dessa forma ser utilizada como carga para elastômeros [15].

No entanto, a utilização da sílica como carga gera alguns problemas como a queda na velocidade da reação de vulcanização e produtos finais com preços não competitivos por se tratar de uma carga muito cara.

Existem dois subprodutos que podem ser gerados através da queima da casca do arroz: a cinza branca e a cinza preta.

Os dois tipos de cinzas diferem quanto ao teor de sílica. Enquanto a sílica branca é quase completamente formada por sílica (96% SiO_2), a cinza preta é formada por cerca de 55% de sílica e 45% de carbono residual [16].

1.6 Cinza de Bagaço de Cana

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar nos dias atuais devido à grande preocupação da substituição de combustíveis fósseis por combustíveis advindos de fontes renováveis como o etanol.

A cana-de-açúcar, quando moída, gera um grande volume de bagaço (cerca de 30% em peso). O principal destino desse bagaço no Brasil são as caldeiras industriais. Aproximadamente 95% do bagaço de cana são queimados para geração de vapor. A combustão do bagaço gera um resíduo rico em sílica, as cinzas residuais (aproximadamente 70%) [18]. Atualmente a maior parte da cinza de bagaço de cana (CBC) se destina para a construção civil. A CBC vem sendo usada como matéria-prima na substituição parcial de cimento Portland para a produção de concreto, uma vez que quando moída em granulometria fina, atua como filler no material [19].

Por se mostrar muito promissora, devido ao seu alto teor de sílica e ao seu baixo custo, a CBC foi utilizada como carga da borracha natural neste trabalho.

1.7 Pó de Pneu

Atualmente no Brasil, cerca de 70% de toda a borracha produzida, é utilizada na produção de pneumáticos [20].

Por se tratar de um produto de longo tempo de degradação e difícil disposição, a sua reciclagem é uma alternativa vantajosa tendo em visto impactos econômicos e ambientais [21]. Um dos métodos de reciclagem

existentes é a moagem. Neste processo o pneu é triturado, remoído e por fim ocorre a separação de resíduos metálicos com a utilização de imãs. O produto final (pó de pneu) pode ser utilizado em muitos produtos como: asfalto de estradas, calçadas, carpetes e solados de calçados (Figura 6).



Figura 6 - Destino final do pó de pneu reciclado.

1.8 Vulcanização

O processo de vulcanização foi inventado e patenteado em 1839 pelo americano Charles Goodyear. O processo consiste basicamente no aquecimento da borracha (matéria-prima da vulcanização) com enxofre em altas temperaturas, o que altera a estrutura química da borracha através da conversão das moléculas do polímero em uma rede elástica tridimensional ligada entre si [22].

O enxofre é utilizado como agente de vulcanização, pois além da maior flexibilidade na composição e melhores propriedades mecânicas, ele possibilita a vulcanização por ar quente.

Durante a vulcanização, o enxofre promove a quebra das duplas ligações presentes na borracha e forma ligações entre as moléculas de poli-isopreno (pontes de enxofre) aumentando a resistência e a dureza da borracha [23].

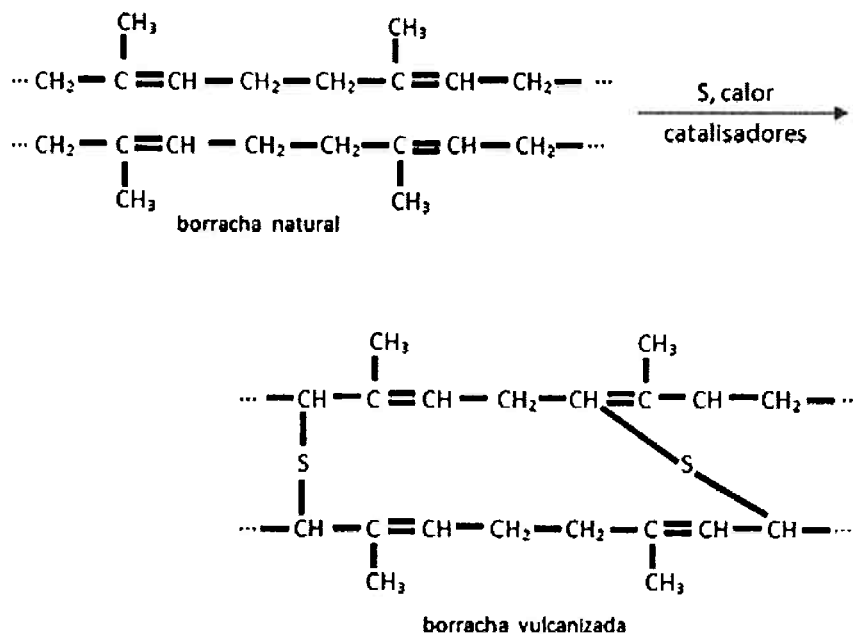


Figura 7 - Formação de pontes de enxofre entre moléculas de poli-isopreno.

1.9 Radiação por feixe de elétrons

A irradiação de polímeros por feixe de elétrons é um processo que possibilita a melhora das propriedades dos polímeros através do aumento do grau de reticulação dos mesmos [21] [24].

Existem dois resultados possíveis quando se utiliza a radiação por feixe de elétrons, a cisão da cadeia do material (quebra das duplas ligações

piorando as propriedades mecânicas) ou a reticulação (formação de ligações cruzadas, melhorando as propriedades do material) [16].

Os resultados dependem do tipo de material que esta sendo submetido ao processo e também da dose que esta sendo utilizada.

2 Objetivo

Estudar a influência da utilização de cinza de bagaço de cana (CBC) nas propriedades mecânicas na reciclagem de luvas cirúrgicas de látex antes e após a irradiação de elétrons.

3 Equipamentos e Métodos

Para a confecção das mantas e dos corpos de prova, foram utilizados três equipamentos do laboratório. Os equipamentos utilizados foram a balança de precisão (Figura 8), a calandra (Figura 9) e a prensa hidráulica (Figura 10).



Figura 8 - Balança utilizada para a pesagem dos materiais.

Para a pesagem dos materiais foi utilizada uma balança da marca Uni Bioc, modelo UX620H. A massa máxima da balança é 620g e a mínima 0,02g.



Figura 9 - Calandra da marca Mecanoplast.

A calandra utilizada para convecção das mantas foi da marca Mecanoplast. Durante a utilização do equipamento fixou-se a menor distância possível entre os cilindros e essa distância foi utilizado para a confecção de todas as mantas.



Figura 10 - Prensa hidráulica da marca Marconi.

Para a vulcanização das mantas e corte dos corpos de prova utilizou-se a prensa hidráulica da marca Marconi. As mantas foram submetidas, por cerca de 7 minutos, à temperatura prefixada de 160°C para que houvesse a vulcanização completa.

3.1 Ensaio mecânico de tração

O ensaio mecânico de tração consiste na tração de um corpo de prova (CP) com uma velocidade controlada até que o mesmo se rompa.

Para a realização deste trabalho utilizou-se o aparelho da marca Instron (figuras 11 e 12), localizado no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares).



Figura 11 - Equipamento utilizado nos ensaios de tração.



Figura 12 - Corpo de prova durante ensaio de tração.

Na realização dos ensaios usou-se uma velocidade constante de 100mm/min, uma célula de carga de 1kN e a distância entre as garras de 12cm.

3.2 Espectroscopia de infravermelho

A espectroscopia de infravermelho é um método utilizado para se observar os tipos de ligações químicas presentes nos materiais. As ligações químicas vibram em frequências específicas e tais vibrações são determinadas pelo formato da molécula, por seus níveis de energia e pela massa de seus átomos [25].

A região do espectro eletromagnético que se situa entre as regiões do visível e das microondas corresponde à radiação infravermelha.

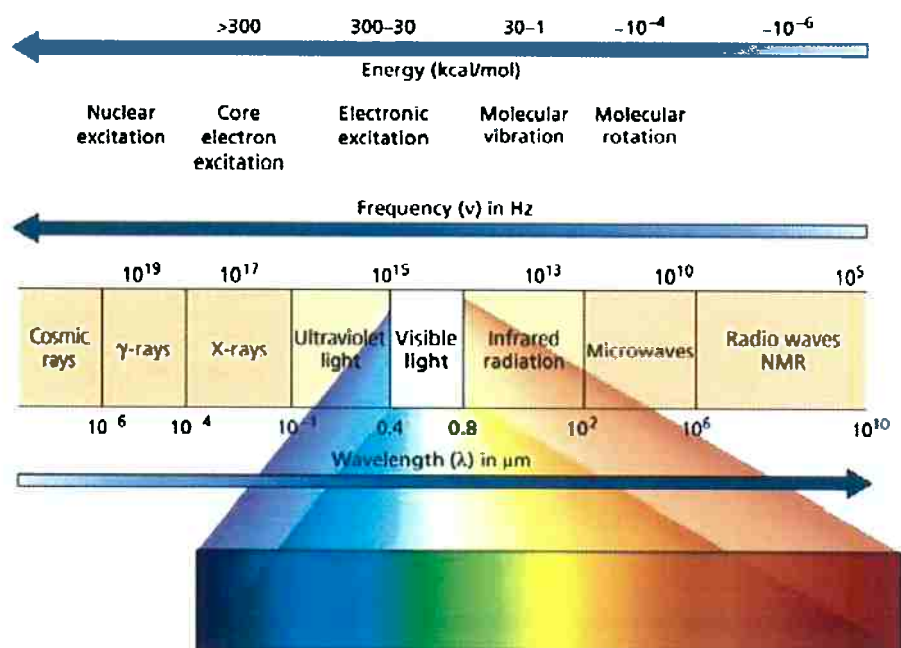


Figura 13 - Espectro eletromagnético.

Para a obtenção dos espectros das amostras deste trabalho utilizou-se o espectrômetro do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da USP (Figura 14).



Figura 14 - Espectrômetro de infravermelho.

4 Procedimento experimental

4.1 Obtenção das mantas

Primeiramente, foram cortadas 200 unidades de luvas cirúrgicas de látex. As luvas foram mergulhadas em nitrogênio líquido e foram trituradas em um liquidificador.

As luvas cortadas foram armazenadas em potes plásticos.



Figura 15 - Imagem das luvas cortadas e armazenadas nos potes plásticos.

Como seriam preparadas 8 mantas a base de luvas de látex e borracha natural (BN), foram separados 8 potes para armazenamento dos materiais. Em cada pote foram pesados 100g de luva e 20g de BN. Em outro pote foi pesado 100g de BN para confecção de uma manta para servir de controle.



Figura 16 - Borracha natural antes do processamento.

Com as matérias primas pesadas e separadas o próximo passo foi a preparação das nove mantas na calandra (utiliza-se BN para facilitar e acelerar a homogeneização das mantas). O tempo de preparo da primeira manta foi de 40 minutos, pois a calandra leva algum tempo para aquecer completamente. As demais mantas ficaram prontas em 30 minutos.

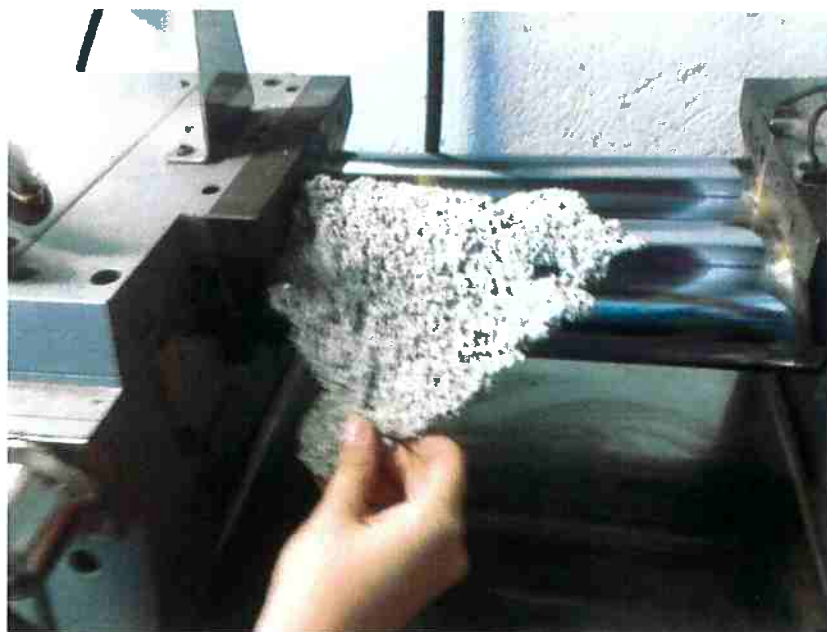


Figura 17 - Início da homogeneização da LC + BN.



Figura 18 - Massa 20 minutos após início da homogeneização.



Figura 19 - Massa completamente homogênea.

Após a homogeneização, as mantas foram separadas em sacos plásticos individuais e etiquetadas. Em seguida foi feita a pesagem dos aditivos.

Os aditivos utilizados foram:

- **Dissulfeto de mercaptobenzotiazol (MBTS)**
- **Dissulfeto de tetrametil (TMTD)**
- **Enxofre (S)**
- **Ácido esteárico**
- **Óxido de zinco**



Figura 20 - Enxofre (S) e Dissulfeto de Tetrametil (TMTD).



Figura 21 - Dissulfeto de Mercaptobenzotiazol (TMTD) e Óxido de Zinco (OZ)



Figura 22 - Ácido Esteárico (AE).

A proporção mássica utilizada foi de 2%, 0,5%, 2%, 1% e 2% respectivamente.

As mantas foram colocadas novamente na calandra junto com os aditivos até a completa homogeneização das mesmas. Entre a preparação de cada uma das mantas houve um intervalo de aproximadamente 20 minutos para que a calandra não esquentasse e assim desse início ao processo de vulcanização das mantas.

Em seguida pesou as cargas à serem adicionadas as mantas.

As cargas utilizadas foram:

- **Argila Natural**
- **Argila Modificada**
- **Negro de Fumo**
- **Cinza de Casca de Arroz**
- **Cinza de Bagaço de Cana**
- **Pó de Pneu**

As mantas com as cargas levaram cerca de 20 minutos cada para ficarem completamente homogêneas.



Figura 23 - Técnica utilizada para melhor homogeneização das mantas.

Após estarem prontas as mantas foram etiquetadas e separadas em sacos plásticos.



Figura 24 - Manta 1 (10 PCR AM) e Manta 2 (30 PCR AN).



Figura 25 - Manta 3 (10 PCR AN) e Manta 4 (40 PCR NF).



Figura 26 - Manta 5 (10 PCR CCA) e Manta 6 (10 PCR CBC)

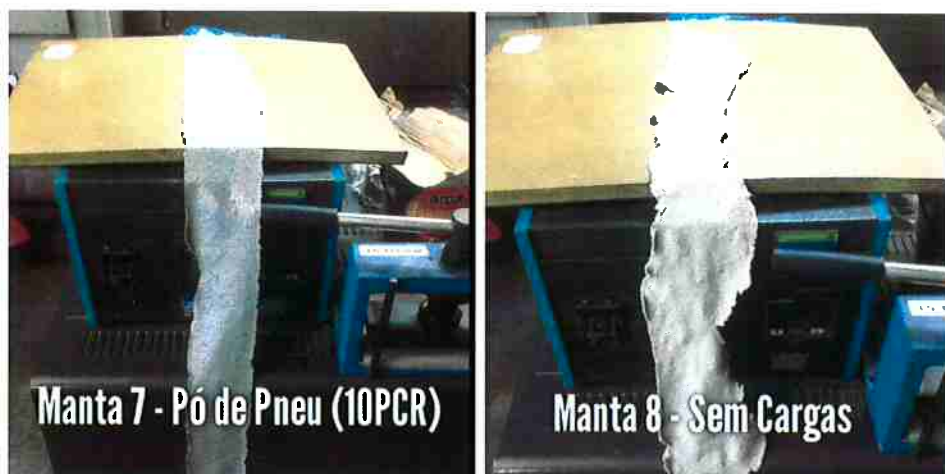


Figura 27 - Manta 7 (10 PCR PP) e Manta 8 (LC + BN sem cargas).



Figura 28 - Manta 9 (BN)

Abaixo tem-se a tabela com a composição de cada manta.

Tabela 1 - Composição das mantas.

	Luva	BN	Carga	MBTS	TMTD	S	AE	OZ
Manta 1	100,012	20,011	10,082	2,404	0,612	2,410	1,214	2,412
			AM					
Manta 2	100,007	20,079	30,013	2,409	0,613	2,413	1,201	2,411
			NA					
Manta 3	100,014	20,002	10,012	2,414	0,611	2,421	1,216	2,402
			NA					
Manta 4	100,038	20,035	40,072	2,418	0,602	2,402	1,212	2,415
			NF					
Manta 5	100,035	20,057	10,070	2,411	0,601	2,408	1,204	2,408
			CCA					
Manta 6	100,013	20,057	10,082	2,421	0,607	2,405	1,205	2,411
			CBC					
Manta 7	100,018	20,078	10,055	2,402	0,606	2,416	1,212	2,406
			PP					
Manta 8	100,001	20,004	-	2,414	0,612	2,422	1,216	2,401
Manta 9	-	100,028	-	2,028	0,542	2,002	1,012	2,024

4.2 Obtenção dos corpos de prova

Após a obtenção das mantas, cada uma foi cortada em duas partes de mesmo peso. Em seguida, cada metade foi colocada em um molde metálico

para posteriormente ser prensado e vulcanizado. As mantas foram mantidas sob uma temperatura de 160°C e uma pressão de 15 toneladas por 7 minutos. Todas as massas preencheram completamente o molde indicando que a vulcanização da borracha natural foi completa.



Figura 29 - Molde metálico utilizado para vulcanização das mantas.



Figura 30 - Mantas após o processo de vulcanização.

Para a obtenção dos corpos de prova utilizou-se um molde com lâminas metálicas (figura).

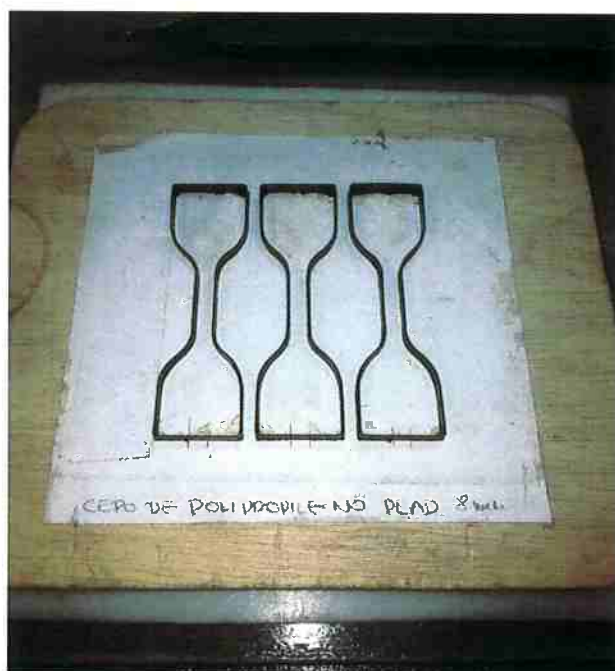


Figura 31 - Molde utilizado para corte dos corpos de prova.



Figura 32 - Corpos de prova cortados.

Cada uma das 18 mantas foi submetida à uma pressão de 5 toneladas na prensa hidráulica.

Foram obtidos no total 54 corpos de prova (6 para cada uma das 9 composições realizadas). Metade dos corpos de provas (3 por composição) foi irradiada com feixe de elétrons. A carga utilizada foi de 50 kGy.



Figura 33 - Corpos de prova de todas as composições.

5 Resultados

5.1 Ensaio Mecânico de tração

Os ensaios mecânicos de tração foram realizados em todos os corpos de prova (CP), tanto nos não irradiados como nos irradiados. Utilizou-se uma célula de carga de 1kN e a velocidade de movimentação da garra foi de 100mm/min. A seguir, temos os resultados dos ensaios de tração para as diferentes composições.

5.1.1 10 PCR AM Irradiada

Tabela 2 - Resultados ensaio de tração (10 PCR AM Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	144,63	61,74	3,89
CP2	150,33	61,91	3,90
CP3	-	-	-
Média	147,48	61,83	3,90
Desvio Padrão	4,03	0,15	0,1

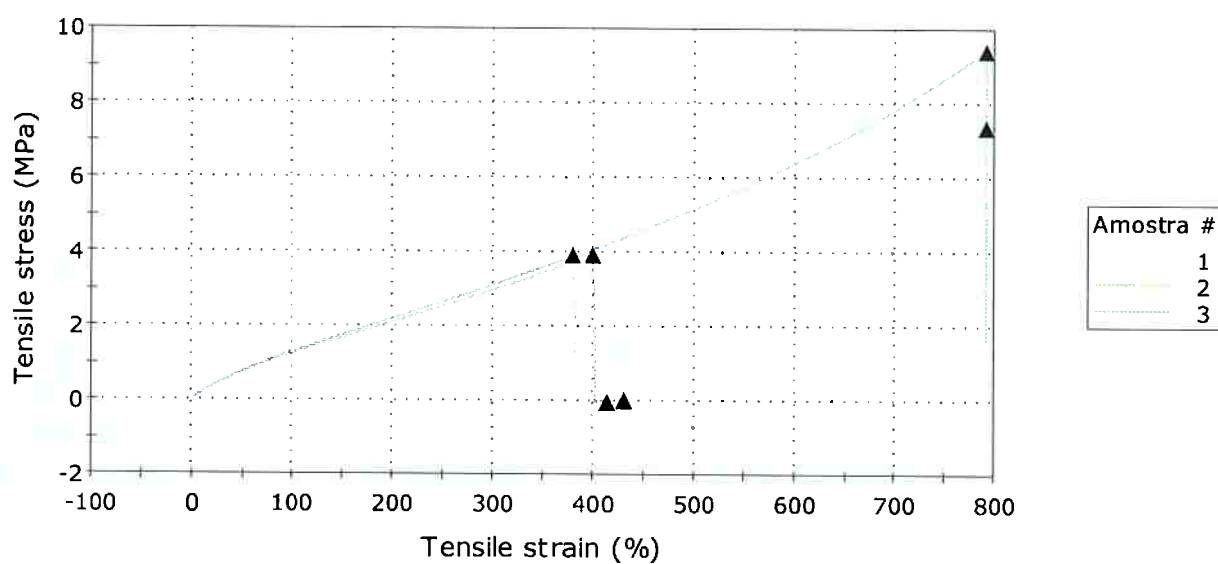


Figura 34 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AM Irradiados

5.1.2 10 PCR AM Não Irradiada

Tabela 3 - Resultados ensaio de tração (10 PCR AM Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	415,33	226,49	14,28
CP2	372,63	200,80	14,59
CP3	-	-	-
Média	393,98	213,65	14,43
Desvio Padrão	30,20	18,16	0,22

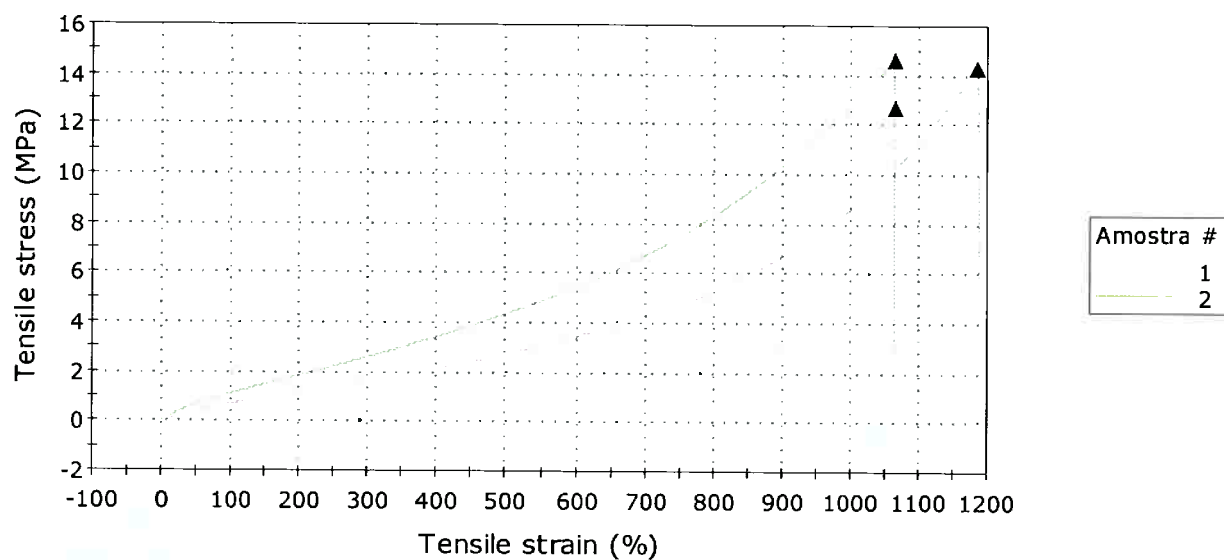


Figura 35 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AM Não Irrradiados

5.1.3 30 PCR AN Irradiada

Tabela 4 - Resultados ensaio de tração (30 PCR AN Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	290,33	144,38	9,10
CP2	345,33	231,95	14,63
CP3	-	-	-
Média	317,83	188,17	11,86
Desvio Padrão	38,89	61,92	3,90

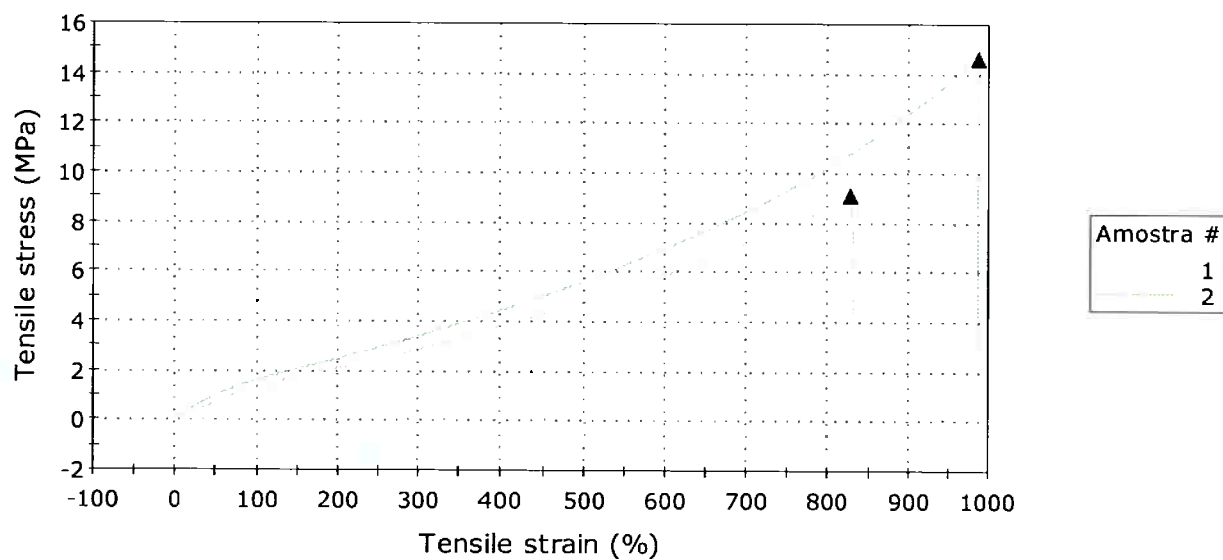


Figura 36 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AN (30 PCR) Irrradiados

5.1.4 30 PCR AN Não Irradiada

Tabela 5 - Resultados ensaio de tração (30 PCR AN Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	365,62	203,63	14,62
CP2	384,00	242,91	15,32
CP3	403,67	281,36	17,74
Média	384,43	242,63	15,89
Desvio Padrão	19,03	38,87	1,64

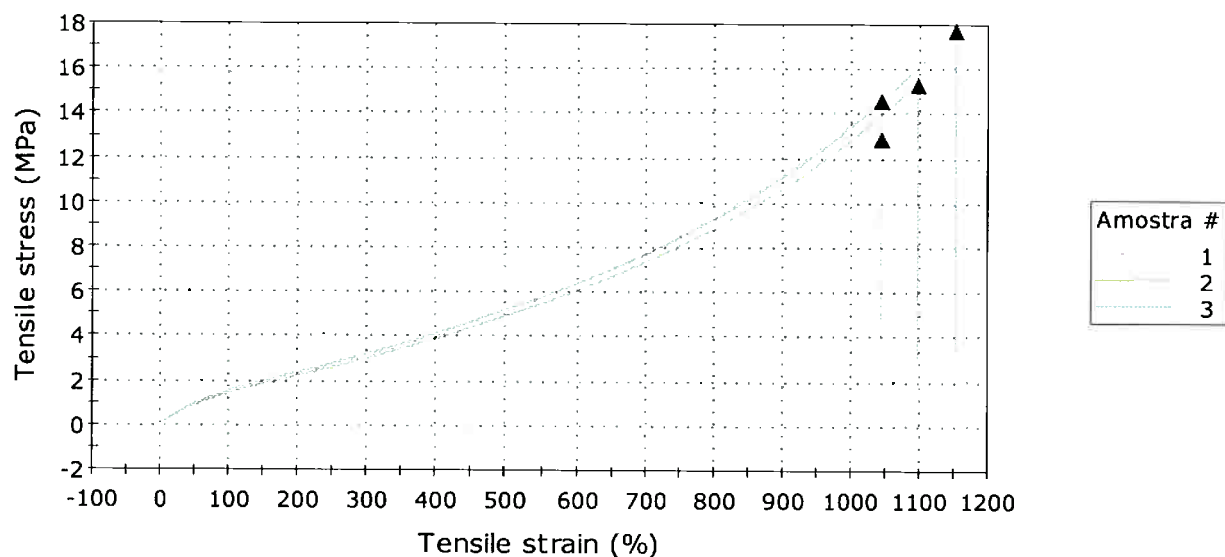


Figura 37 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AN (30 PCR) Não Irrradiados

5.1.5 10 PCR AN Irradiada

Tabela 6 - Resultados ensaio de tração (10 PCR AN Irrradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	151,06	73,25	4,62
CP2	110,51	52,66	3,32
CP3	136,16	61,01	3,85
Média	132,58	62,31	3,93
Desvio Padrão	20,51	8,45	0,65

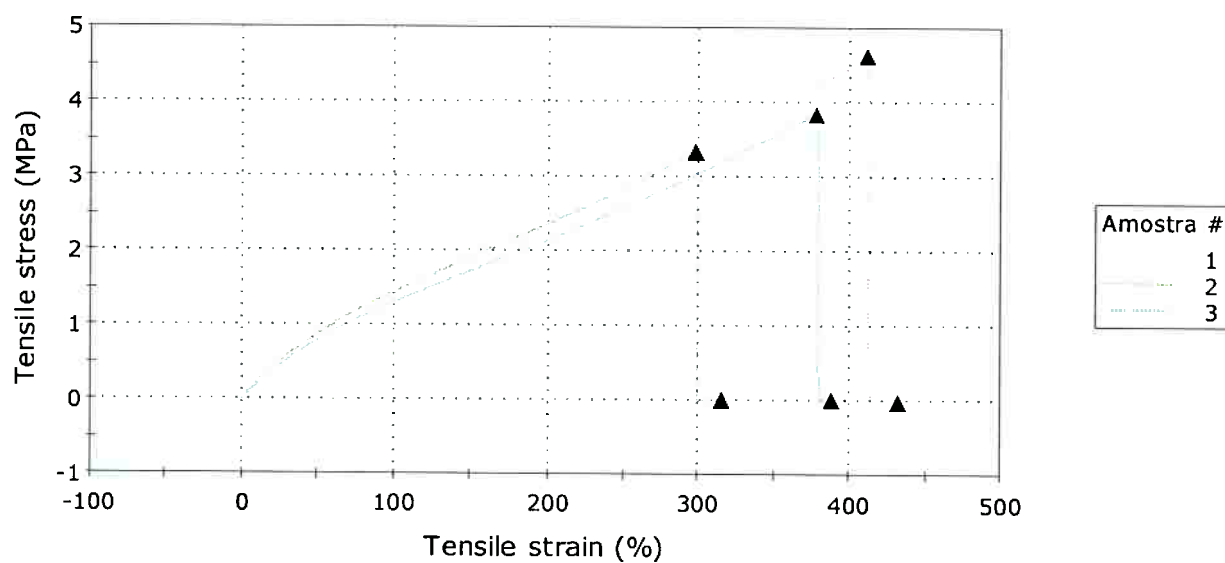


Figura 38 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AN (10 PCR) Irrradiados

5.1.6 10 PCR AN Não Irradiada

Tabela 7 - Resultados ensaio de tração (10 PCR AN Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	341,33	187,57	11,83
CP2	371,00	226,32	14,96
CP3	-	-	-
Média	356,17	206,95	13,39
Desvio Padrão	20,98	27,40	2,21

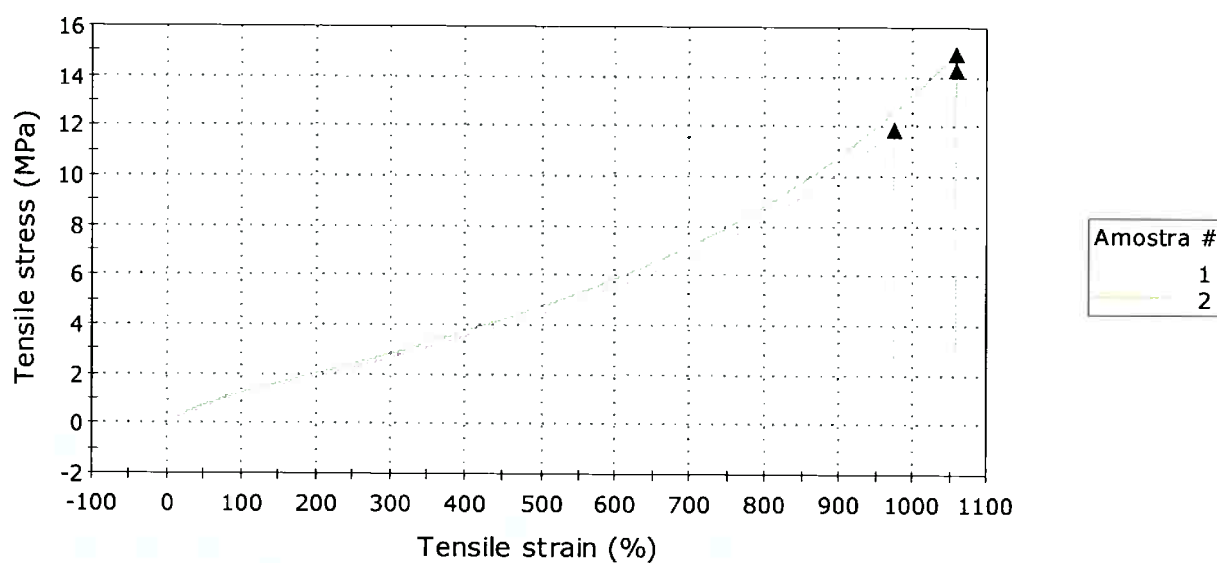


Figura 39 - Gráfico de tensão X deformação CPs de AN (10PCR) Não Irrradiados

5.1.7 40 PCR NF Irradiada

Tabela 8 - Resultados ensaio de tração (40 PCR NF Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	179,25	110,79	8,86
CP2	146,33	108,18	6,82
CP3	195,00	145,48	9,17
Média	173,53	121,48	8,28
Desvio Padrão	24,83	20,82	1,28

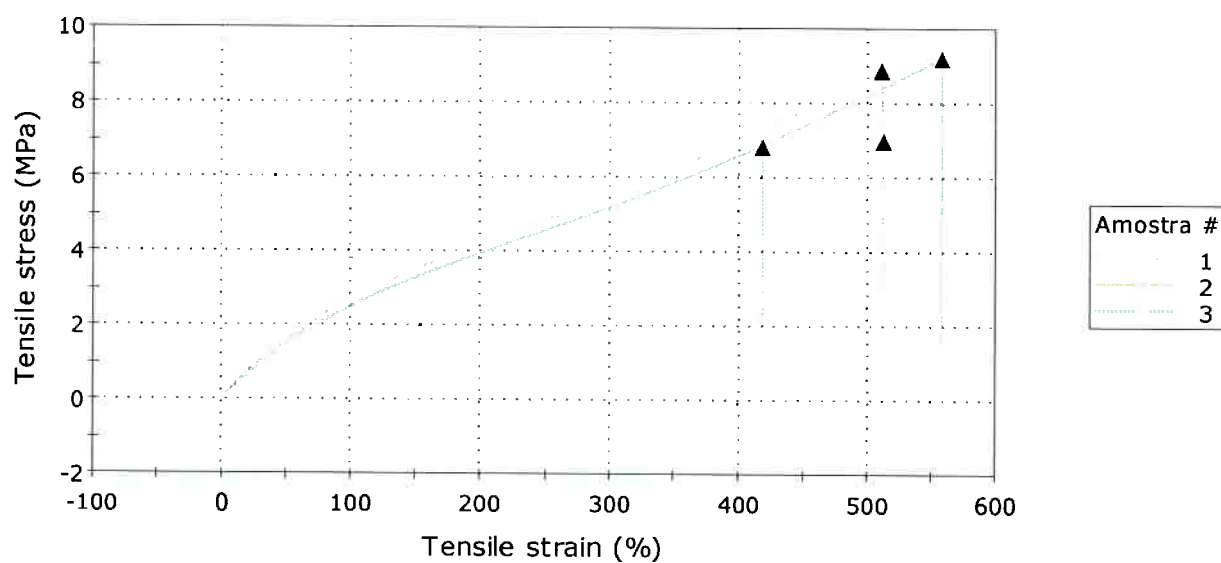


Figura 40 - Gráfico de tensão X deformação CPs de NF Irradiados

5.1.8 40 PCR NF Não Irradiada

Tabela 9 - Resultados ensaio de tração (40 PCR NF Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	215,33	185,72	11,71
CP2	189,33	157,99	9,96
CP3	210,00	165,62	10,44
Média	204,89	169,78	10,70
Desvio Padrão	13,73	14,33	0,90

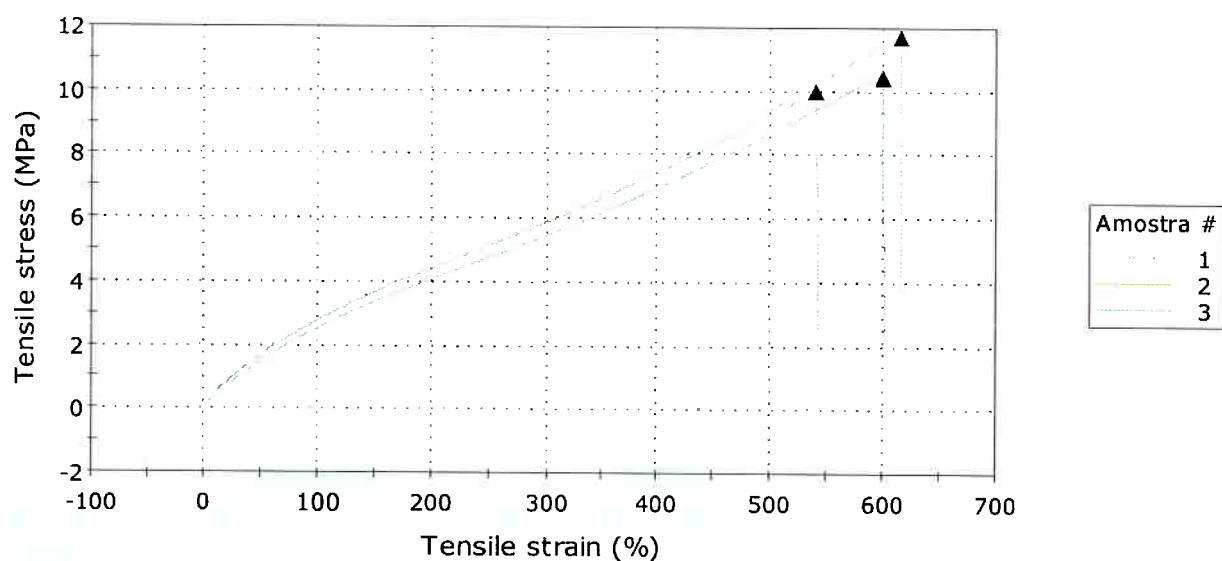


Figura 41 - Gráfico de tensão X deformação CPs de NF Não Irrradiados

5.1.9 10 PCR CCA Irradiada

Tabela 10 - Resultados ensaio de tração (10 PCR CCA Irrradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	112,55	45,38	2,86
CP2	116,39	60,53	3,82
CP3	121,23	59,31	3,94
Média	116,72	55,07	3,34
Desvio Padrão	4,35	8,41	0,68

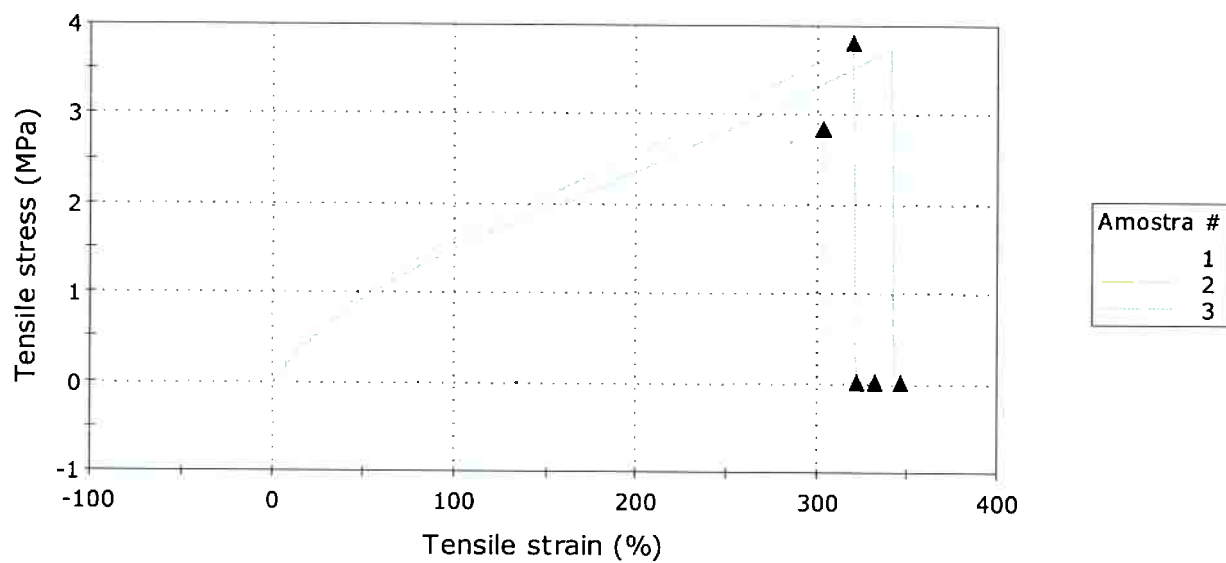


Figura 42 - Gráfico de tensão X deformação CPs de CCA Irrradiados

5.1.10 10 PCR CCA Não Irradiada

Tabela 11 - Resultados ensaio de tração (10 PCR CCA Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	133,91	56,67	3,57
CP2	122,68	58,08	3,66
CP3	-	-	-
Média	128,29	57,38	3,62
Desvio Padrão	7,94	0,99	0,06

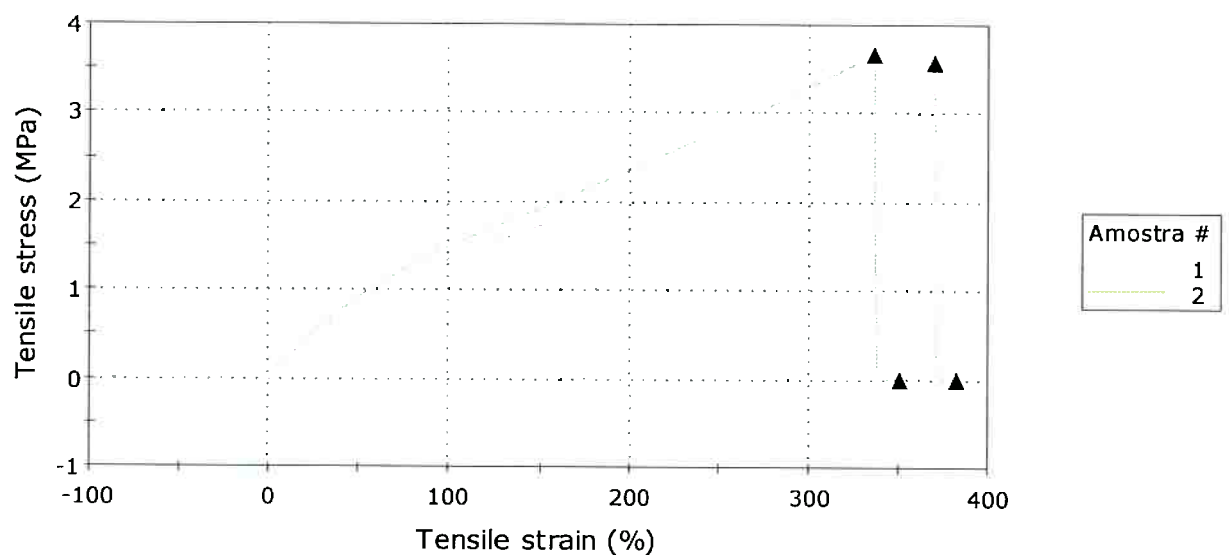


Figura 43 - Gráfico de tensão X deformação CPs de CCA Não Irradiados

5.1.11 10 PCR CBC Irrradiada

Tabela 12 - Resultados ensaio de tração (10 PCR CBC Irrradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	107,05	58,18	3,67
CP2	109,28	56,52	3,56
CP3	103,21	53,22	3,36
Média	106,51	55,97	3,53
Desvio Padrão	3,07	2,52	0,16

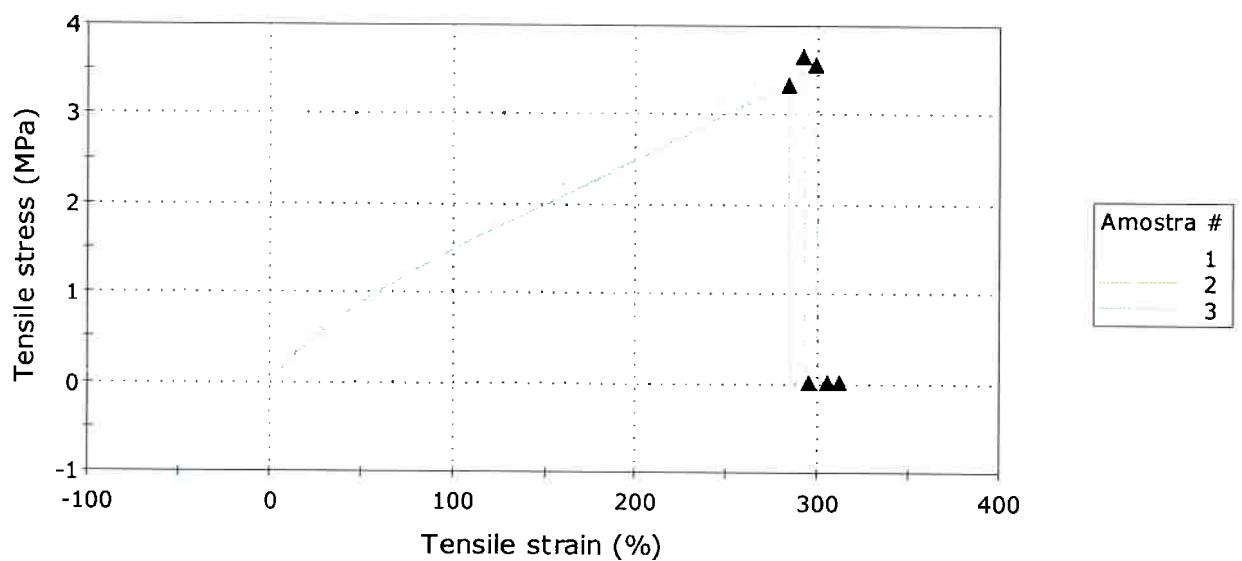


Figura 44 - Gráfico de tensão X deformação CPs de CBC Irrradiados

5.1.12 10 PCR CBC Não Irradiada

Tabela 13 - Resultados ensaio de tração (10 PCR CBC Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	204,31	37,96	2,41
CP2	177,33	53,83	3,39
CP3	-	-	-
Média	190,82	45,89	2,90
Desvio Padrão	19,08	11,22	0,70

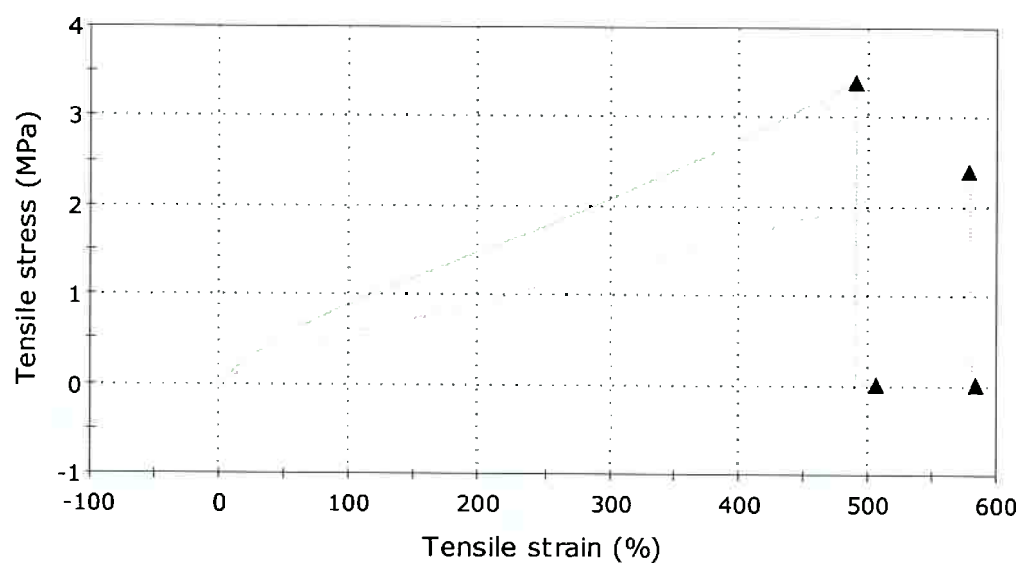


Figura 45 - Gráfico de tensão X deformação CPs de CBC Não Irradiados

5.1.13 10 PCR PP Irradiada

Tabela 14 - Resultados ensaio de tração (10 PCR PP Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	101,76	47,48	2,99
CP2	93,57	49,23	3,10
CP3	100,73	56,87	3,11
Média	98,69	51,2	3,05
Desvio Padrão	4,46	4,99	0,08

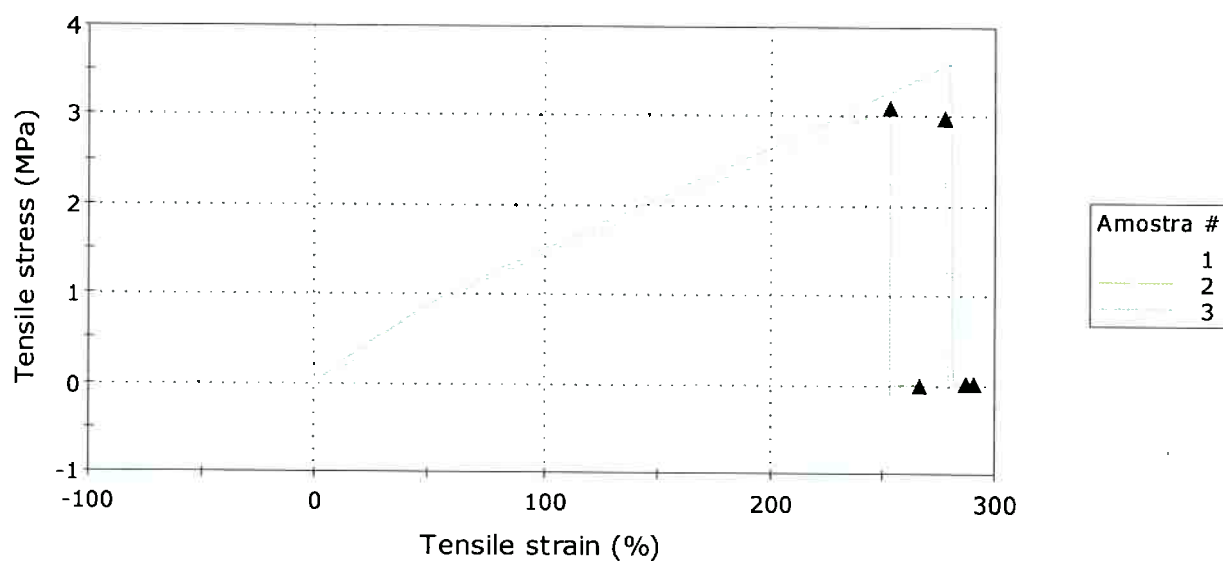


Figura 46 - Gráfico de tensão X deformação CPs de PP Irradiados

5.1.14 10 PCR PP Não Irradiada

Tabela 15 - Resultados ensaio de tração (10 PCR PP Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	119,43	59,7	3,76
CP2	123,13	64,04	4,04
CP3	119,42	54,37	3,43
Média	120,66	59,37	3,74
Desvio Padrão	2,14	3,95	0,31

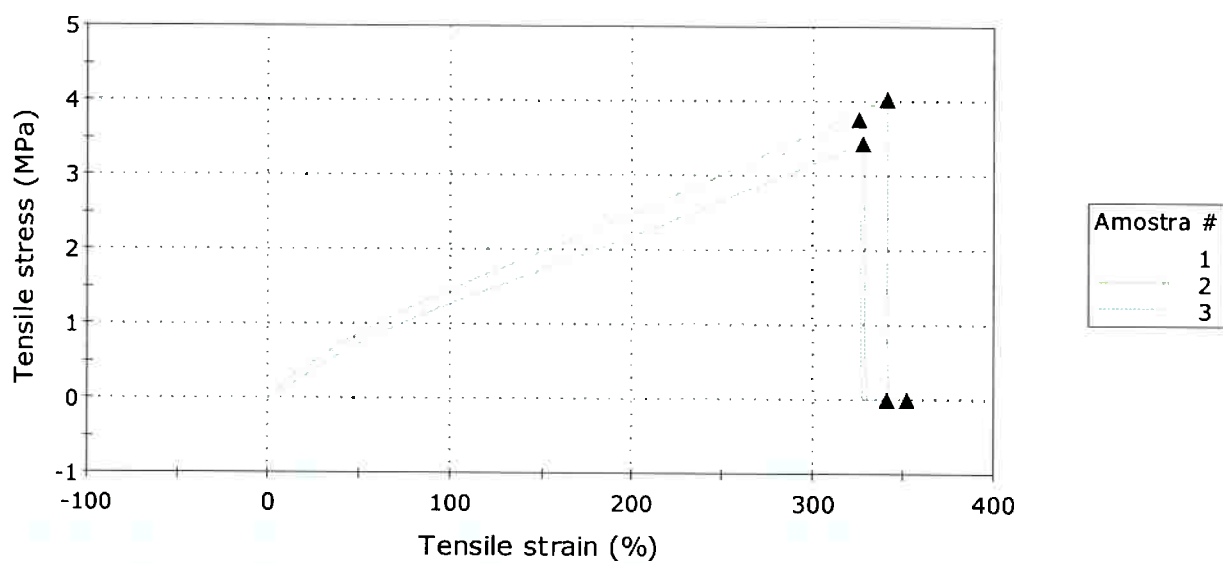


Figura 47 - Gráfico de tensão X deformação CPs de PP Não Irrradiados

5.1.15 LC + BN Irradiada

Tabela 16 - Resultados ensaio de tração (LC + BN Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	85,79	85,79	2,72
CP2	91,75	91,93	2,82
CP3	73,17	73,4	2,26
Média	83,57	83,70	2,60
Desvio Padrão	9,49	9,43	0,30

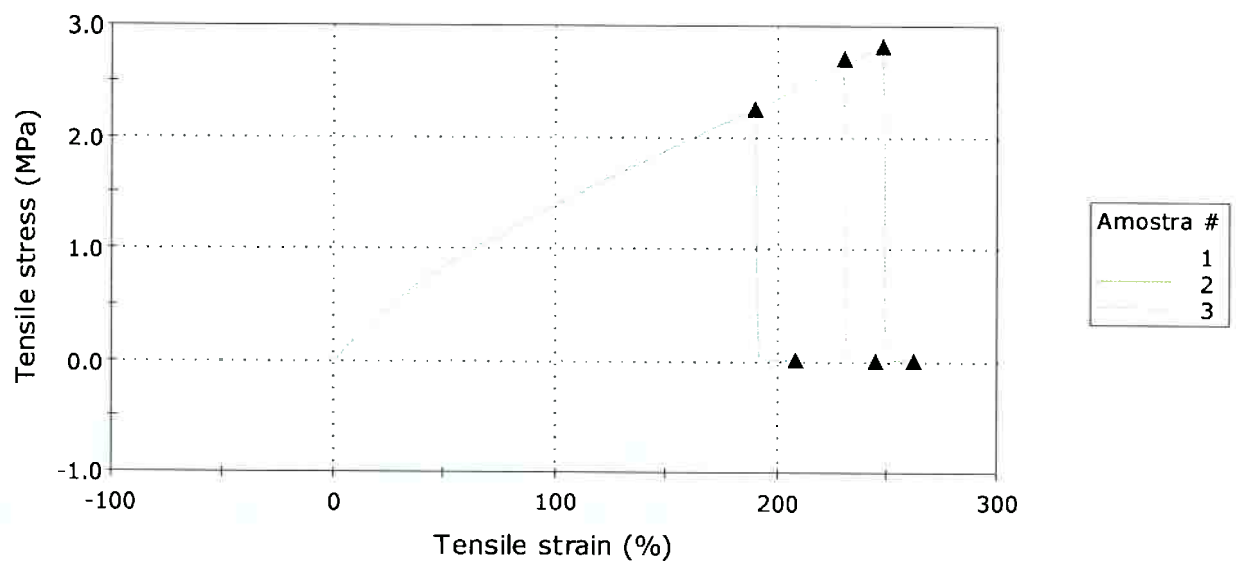


Figura 48 - Gráfico de tensão X deformação CPs de LC + BN Irradiados

5.1.16 LC + BN Não irradiada

Tabela 17 - Resultados ensaio de tração (LC + BN Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	126,49	53,17	2,98
CP2	132,60	49,07	3,09
CP3	166,17	52,32	4,90
Média	141,75	51,52	4,00
Desvio Padrão	21,36	2,16	1,28

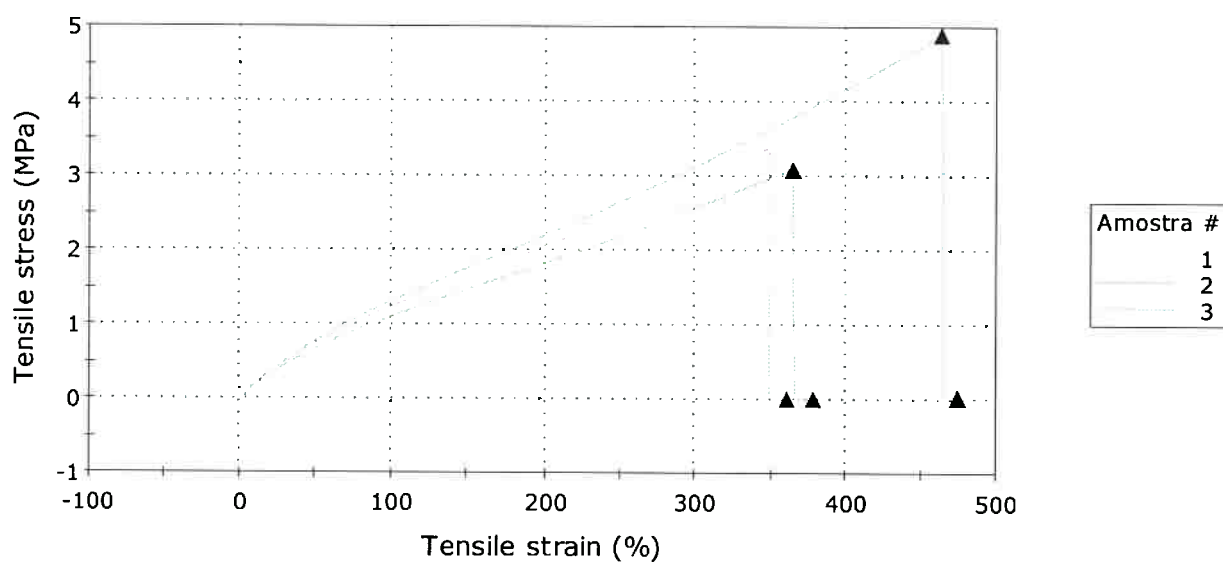


Figura 49 - Gráfico de tensão X deformação CPs de LC + BN Não Irradiados

5.1.17 BN pura Irradiada

Tabela 18 - Resultados ensaio de tração (BN pura Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	523,33	329,78	23,23
CP2	535,67	388,42	24,49
CP3	-	-	-
Média	529,50	359,10	23,86
Desvio Padrão	8,72	41,46	0,89

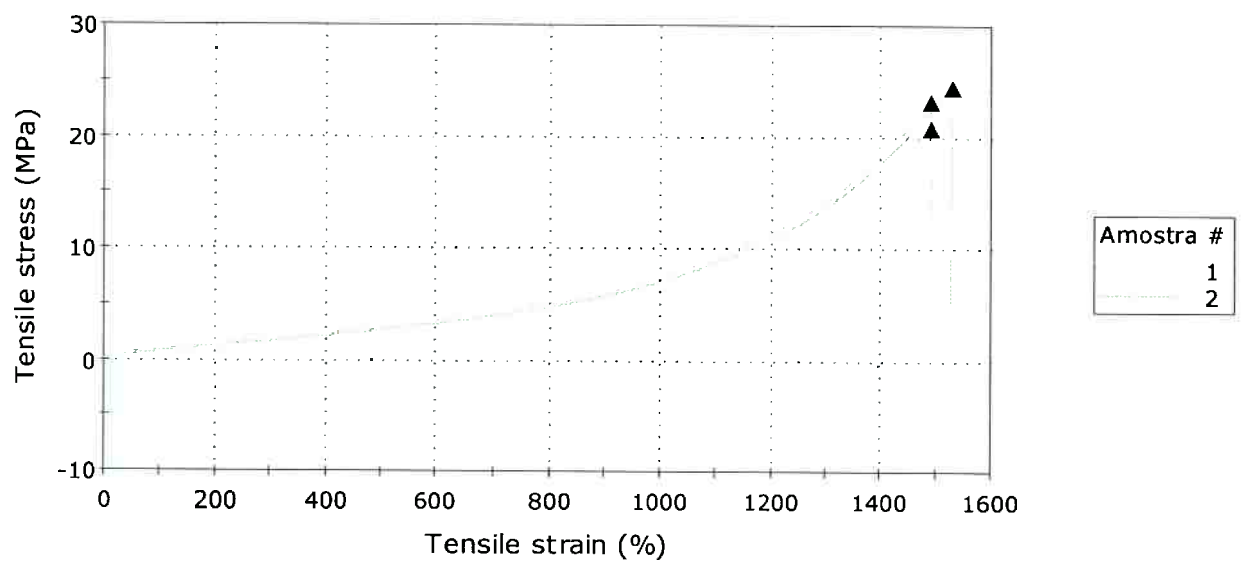


Figura 50 - Gráfico de tensão X deformação CPs de BN Irradiados

5.1.18 BN pura Não Irradiada

Tabela 19 - Resultados ensaio de tração (BN pura Não Irradiada)

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
CP1	601,33	281,66	17,76
CP2	612,33	300,30	18,93
CP3	624,91	299,28	21,13
Média	612,86	293,74	19,28
Desvio Padrão	11,80	10,48	1,71

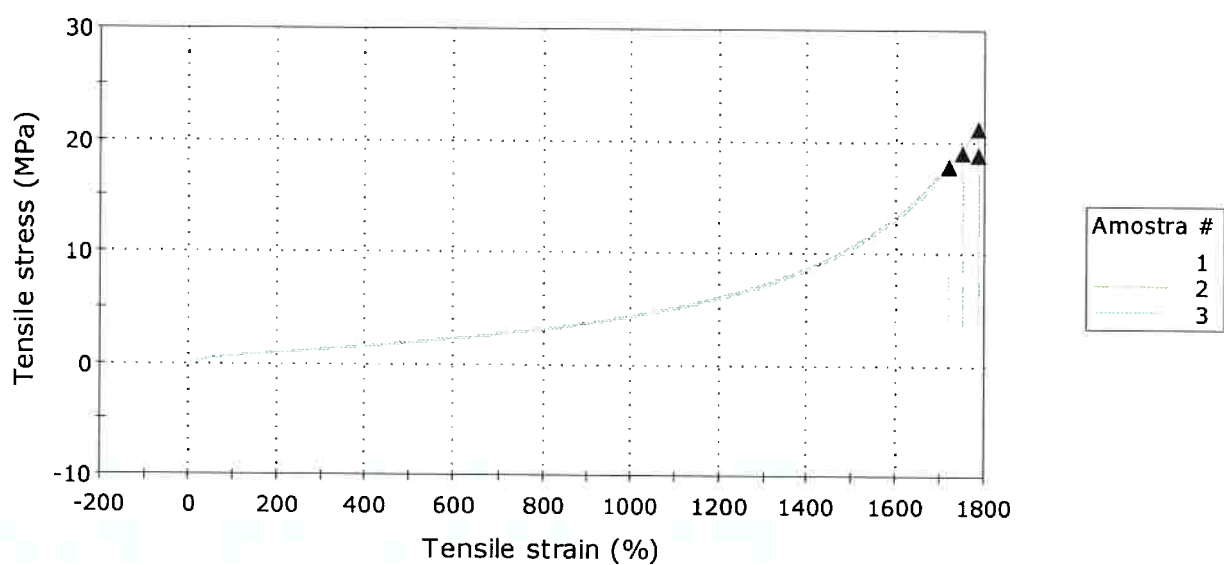


Figura 51 - Gráfico de tensão X deformação CPs de BN Irradiados

5.1.19 Discussão dos resultados

Tabela 20 - Resultados Médios do Ensaio de Tração das Amostras Irradiadas

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
Borracha Natural (BN)	529,50	359,10	23,86
BN + LC	83,57	83,70	2,60
BN + LC +10 PCR AM	147,48	61,83	3,90
BN + LC + 10 PCR AN	132,58	62,31	3,93
BN + LC + 30 PCR AN	317,83	188,17	11,86
BN + LC + 40 PCR NF	173,53	121,48	8,28
BN + LC + 10 PCR CCA	116,72	55,07	3,34
BN + LC + 10 PCR CBC	106,51	55,97	3,53
BN + LC + 10 PCR PP	98,69	51,2	3,05

Tabela 21 - Resultados Médios do Ensaio de Tração das Amostras Não Irradiadas

	Alongamento na ruptura (mm)	Carga na ruptura (N)	Resistência à tração (Mpa)
Borracha	612,86	293,74	19,28
Natural (BN)			
BN + LC	141,75	51,52	4,00
BN + LC +10	393,98	213,65	14,43
PCR AM			
BN + LC + 10	356,17	206,95	13,39
PCR AN			
BN + LC + 30	384,43	242,63	15,89
PCR AN			
BN + LC + 40	204,89	169,78	10,70
PCR NF			
BN + LC + 10	128,29	57,38	3,62
PCR CCA			
BN + LC + 10	190,82	45,89	2,90
PCR CBC			
BN + LC + 10	120,66	59,37	3,74
PCR PP			

Através da análise das duas tabelas, é possível notar que a irradiação não se mostrou eficaz na melhora das propriedades mecânicas dos corpos de prova, e sim ocasionou uma piora notável para as mesmas.

5.2 Espectroscopia no infravermelho

O ensaio de espectroscopia no infravermelho foi realizado apenas para as amostras não irradiadas.

5.2.1 Borracha natural (BN)

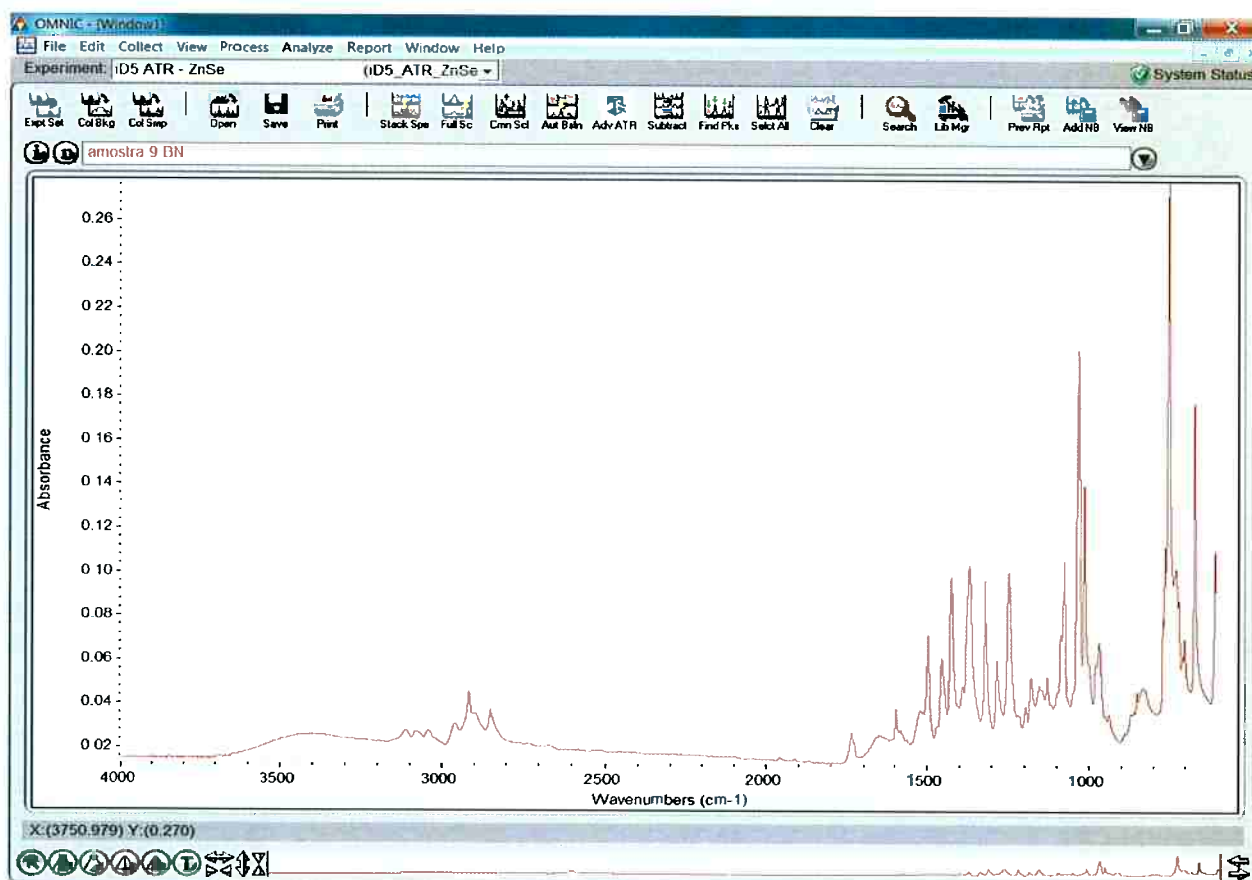


Figura 52 - Espectro no infravermelho da amostra de BN

5.2.2 BN + LC

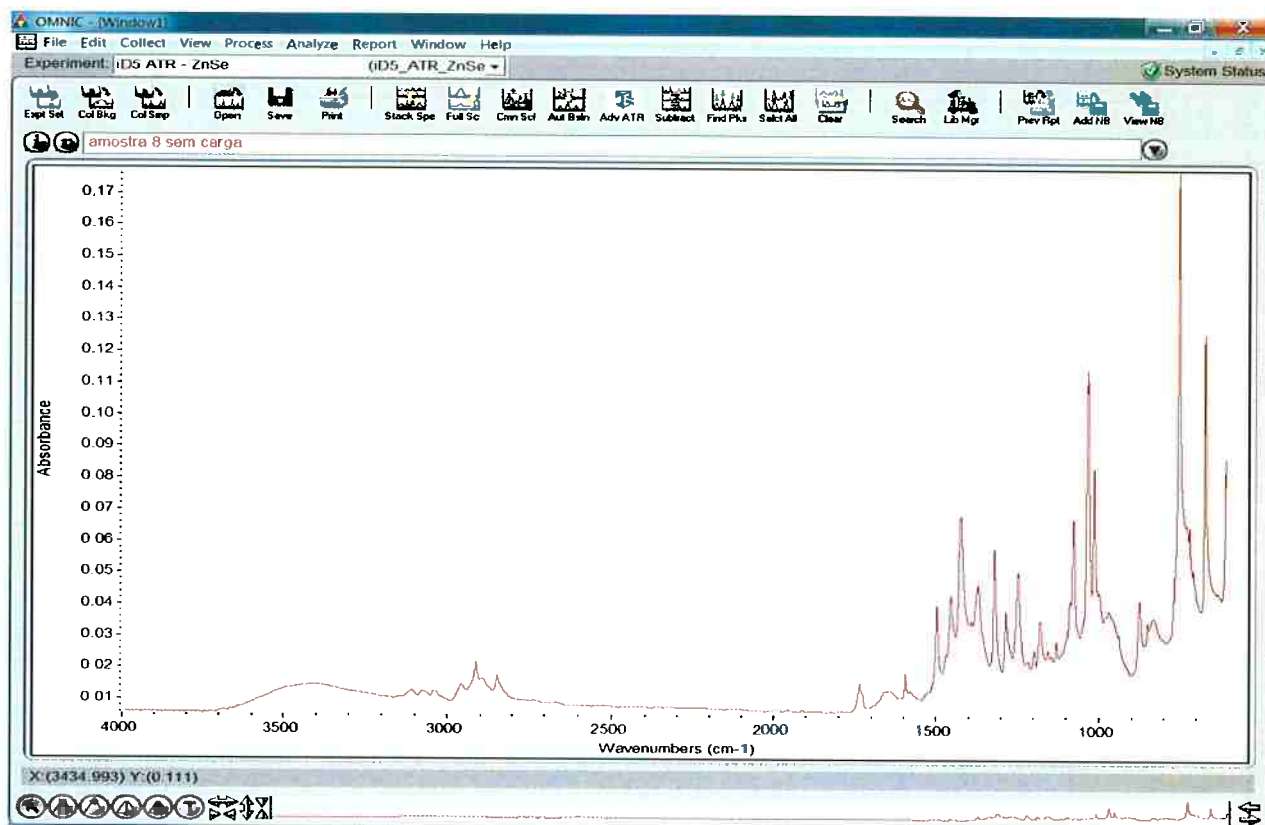


Figura 53 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC

5.2.3 BN + LC + 10 PCR AM

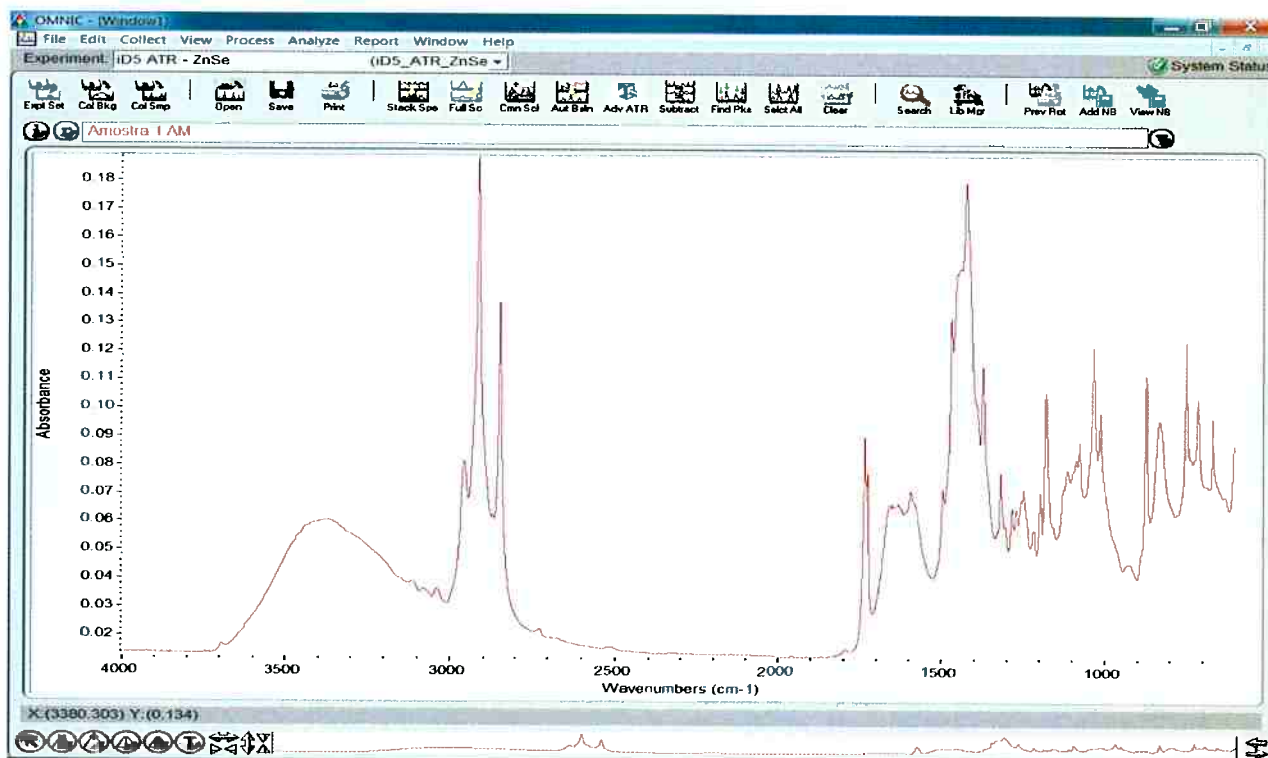


Figura 54 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC +10 PCR AM

5.2.4 BN + LC + 10 PCR AN

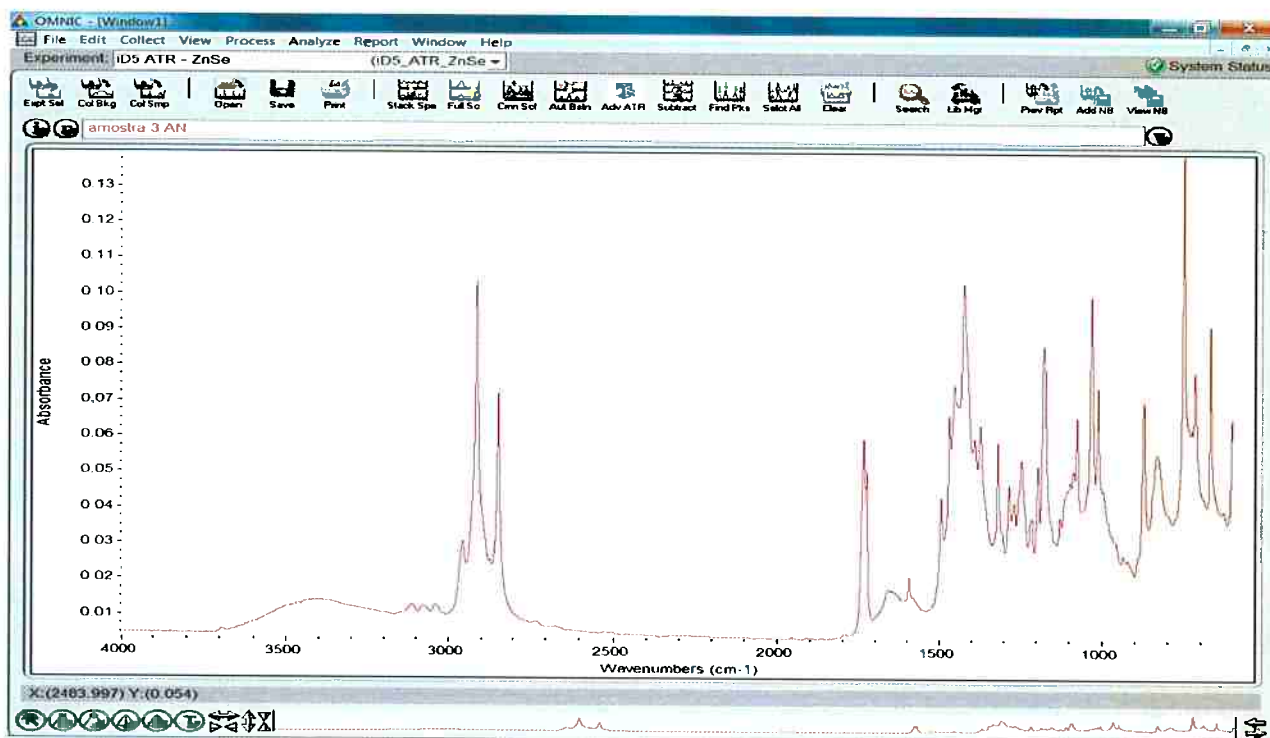


Figura 55 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 10 PCR AN

5.2.5 BN + LC + 30 PCR AN

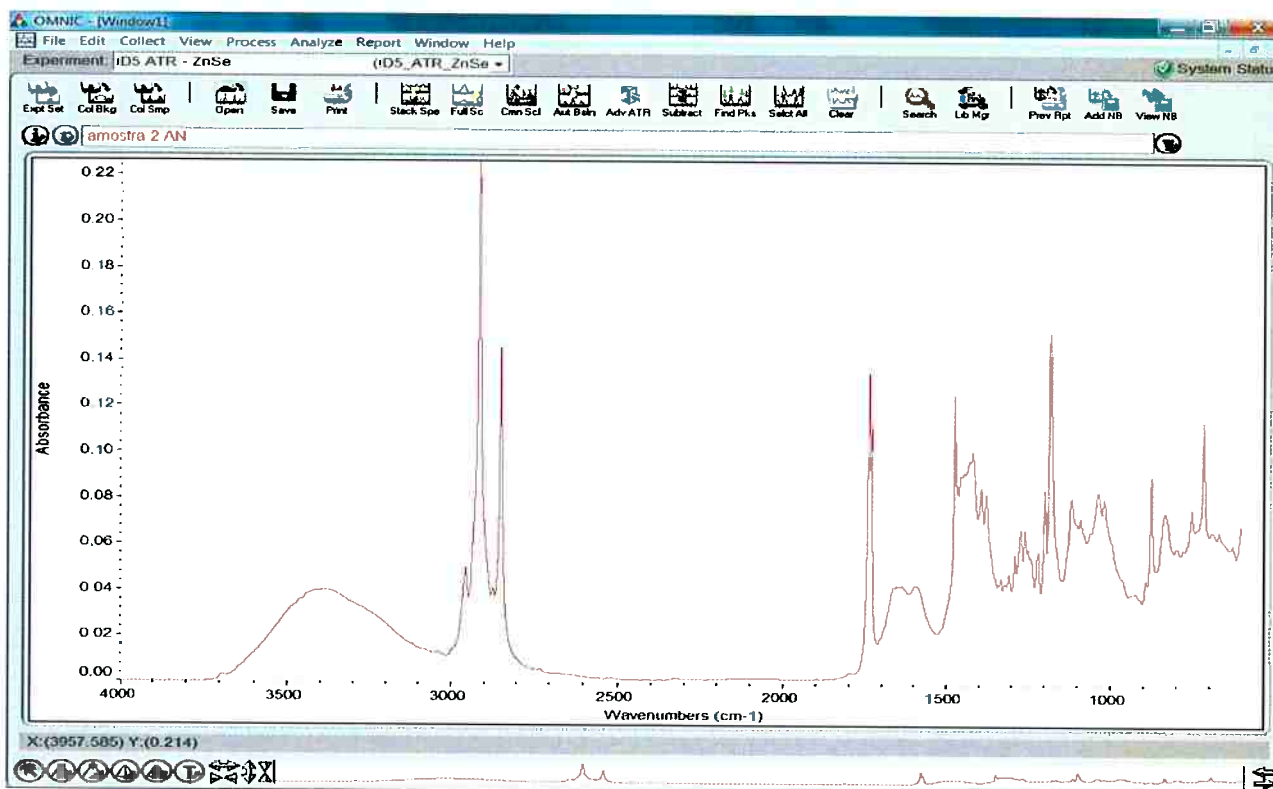


Figura 56 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 30 PCR AN

5.2.6 BN + LC + 40 PCR NF

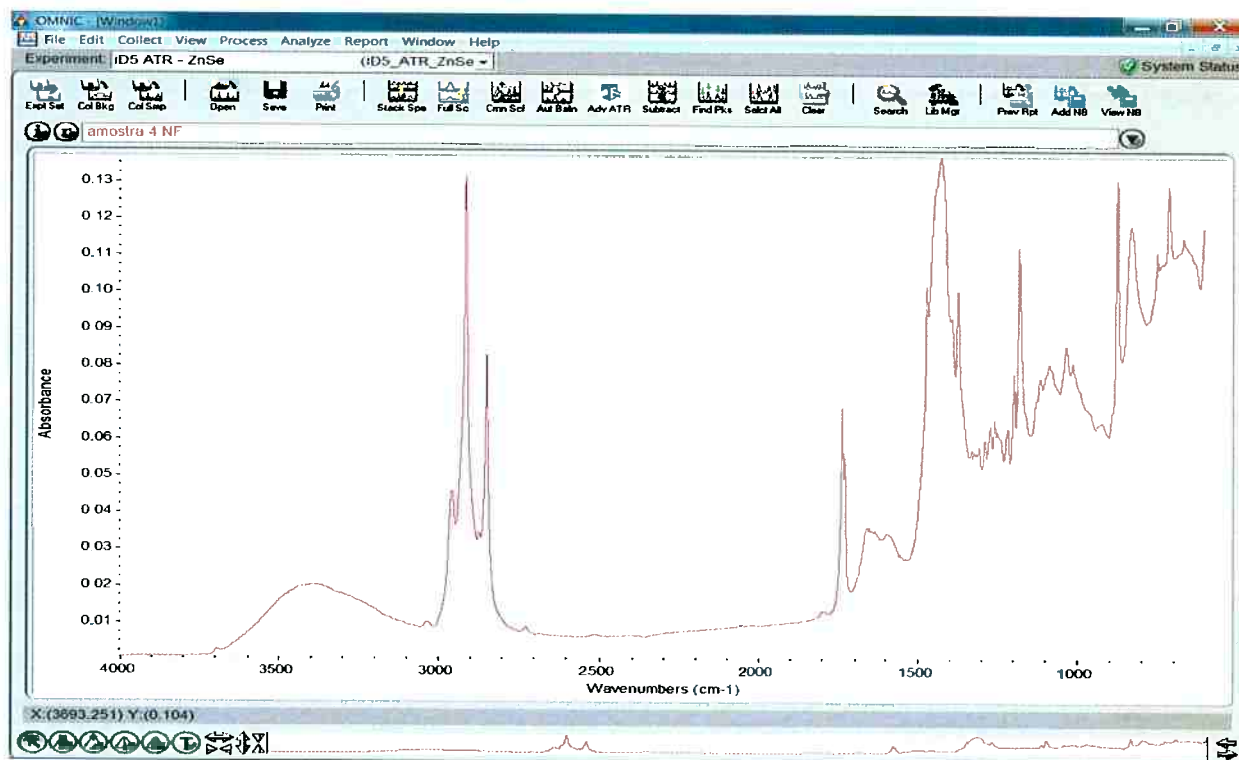


Figura 57 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 40 PCR NF

5.2.7 BN + LC + 10 PCR CCA

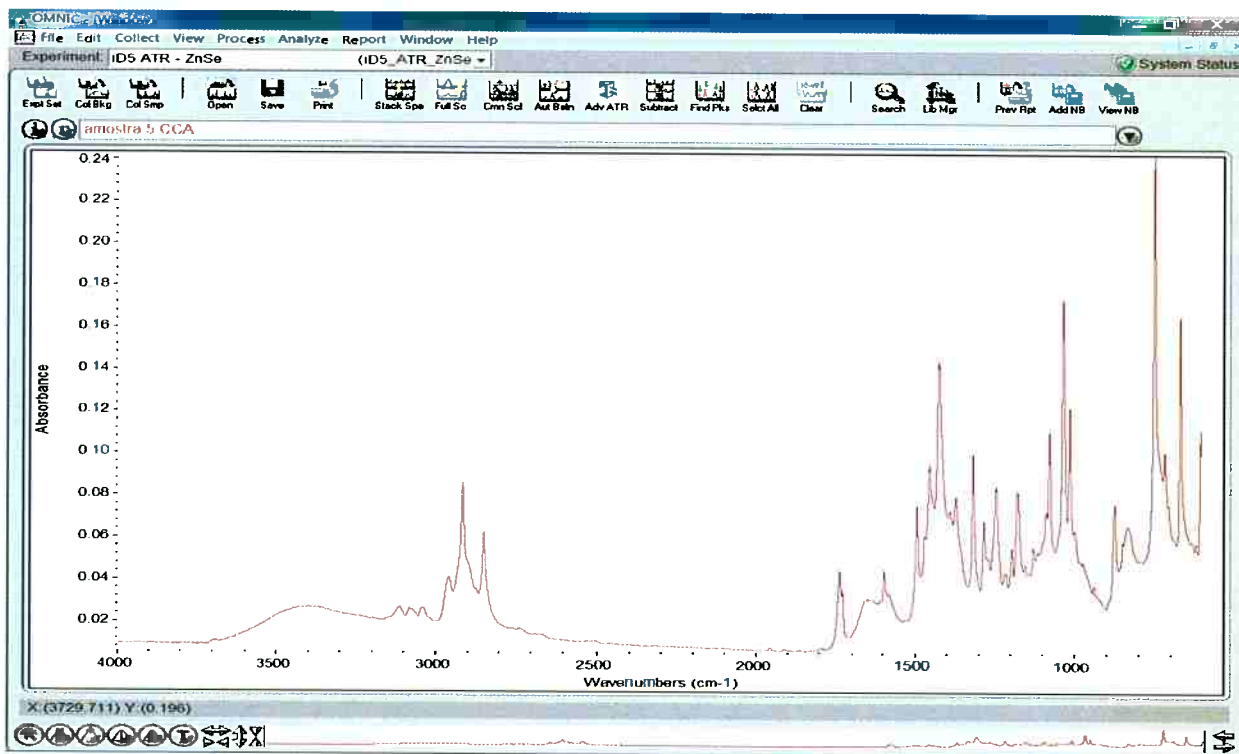


Figura 58 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 10 PCR CCA

5.2.8 BN + LC + 10 PCR CBC

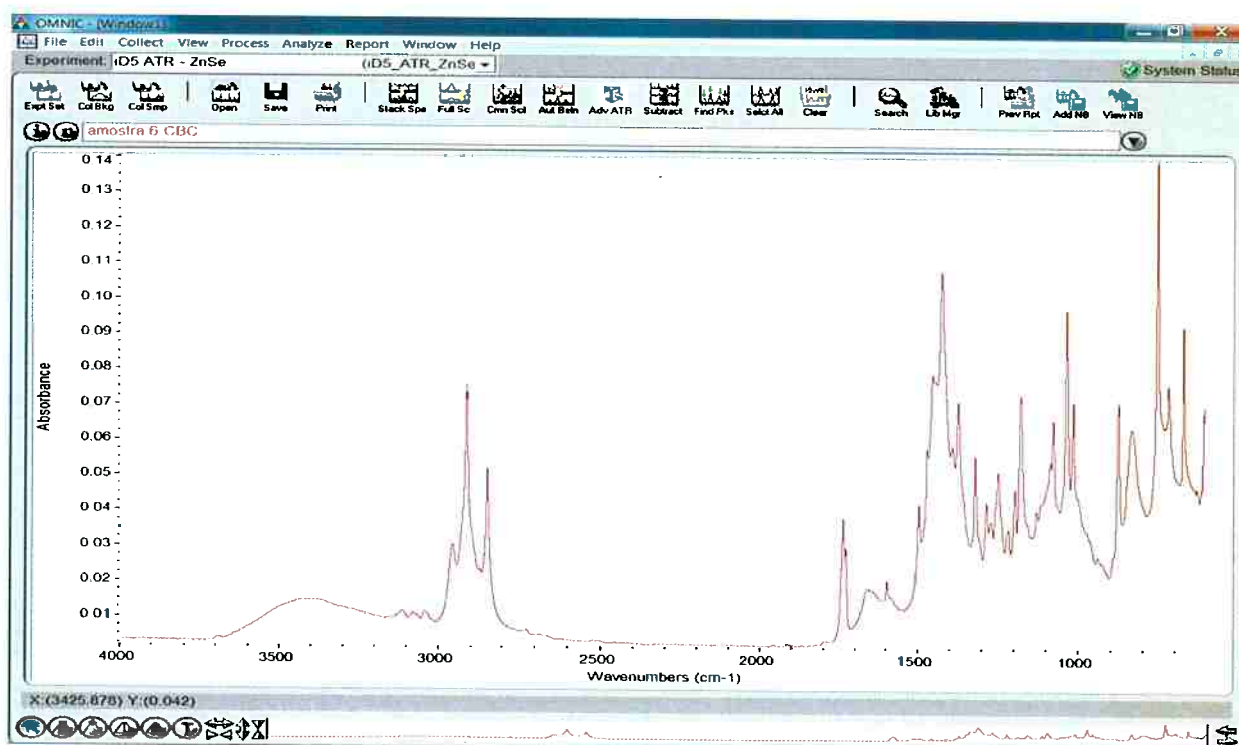


Figura 59 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 10 PCR CBC

5.2.9 BN + LC + 10 PCR PP

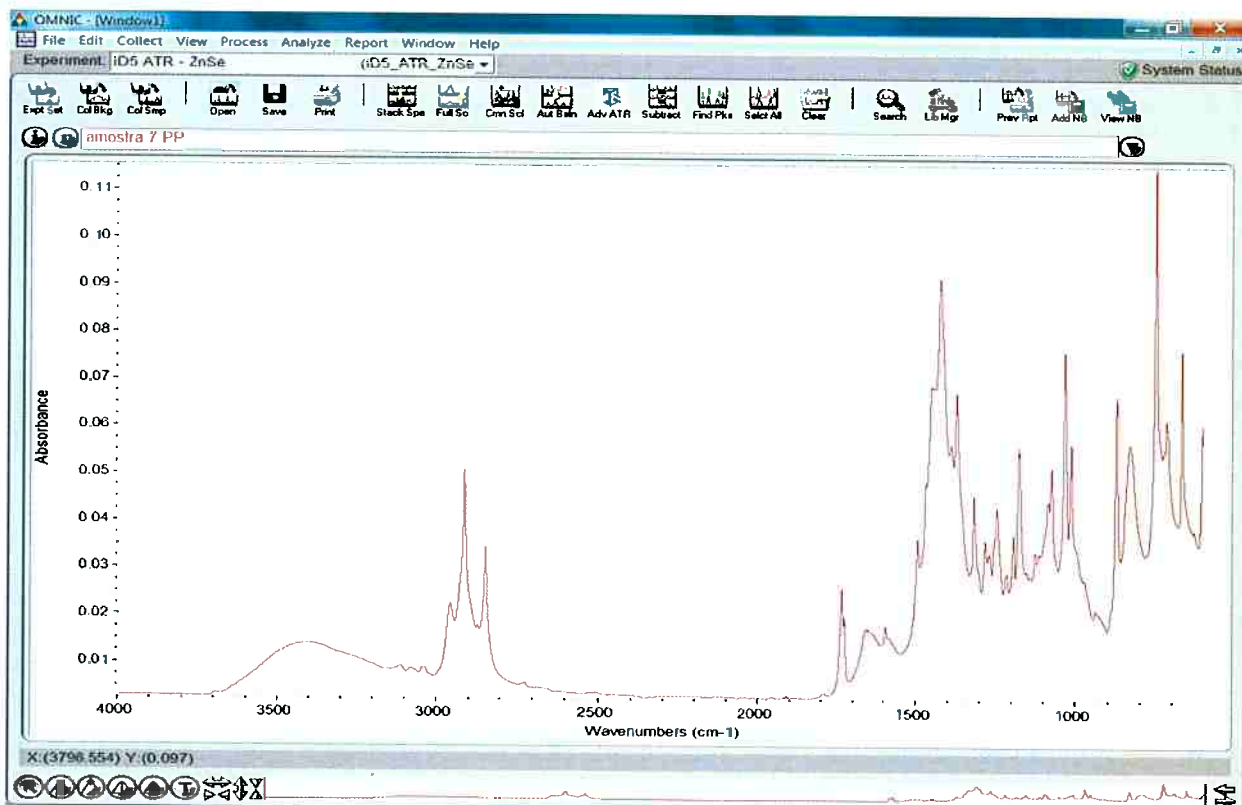


Figura 60 - Espectro no infravermelho da amostra de BN + LC + 10 PCR PP

5.2.10 Discussão dos resultados

As análises dos espectros obtidos para as composições estudadas apresentam configurações muito semelhantes, variando apenas em intensidade. Isso mostra que as vibrações das cargas adicionadas ao látex, não foram captadas durante a análise de espectroscopia no infravermelho.

Os picos de maiores intensidade se repetiram na zona entre 3000 e 2800 cm^{-1} , evidenciando as ligações C-H do látex das luvas, e também na faixa entre 1500 a 1380 cm^{-1} (deformação angular assimétrica e simétrica do grupo metila [21]).

6 Conclusões

A adição de cargas na reciclagem de luvas cirúrgicas de látex trouxe melhorias nas propriedades mecânicas dos produtos finais. Através da análise dos dados foi possível notar que as argilas, natural e modificada, e o negro de fumo foram as cargas que apresentaram os melhores resultados quando comparados com o produto final sem cargas. No entanto, por serem cargas que possuem um elevado valor agregado, devem ser utilizados quando o produto final necessitar possuir elevadas propriedades mecânicas.

A CCA, assim como a CBC não melhoraram as propriedades do material final de forma significativa. Os materiais produzidos apresentaram uma pequena melhoria nas propriedades mecânicas em relação aos materiais contendo apenas LC. No entanto, a utilização da CBC mostrou-se viável como carga na reutilização de luvas de látex, pois além de ser um material muito abundante no Brasil e com um custo muito baixo, ele pode ser utilizado para se reduzir a quantidade de borracha utilizada em produtos para aplicações menos nobres.

A radiação por feixe de elétrons, assim como em trabalhos passados, mostrou-se prejudicial às propriedades mecânicas dos materiais. A dosagem

utilizada foi de 50kGy. Não houve melhorias em nenhuma das composições testadas e para trabalhos posteriores, sugere-se que essa dosagem seja diminuída.

Por fim, o pó de pneu, que é uma carga de enchimento, também não trouxe melhorias relevantes para as propriedades mecânicas dos produtos finais. Por ser um material que causa grandes impactos ambientais devido ao seu grande tempo de degradação e a dificuldade de disposição, seu uso é recomendado para aplicações que não exijam elevadas propriedades mecânicas.

7 Revisão Bibliográfica

[1]

<http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-natural.php>

[2]

MALAYSIAN RUBBER PRODUCER'S ASSOCIATION, The Natural Rubber

[3]

Avaliação do látex e da borracha natural de clones de seringueira no Estado de São Paulo.

(1)Rogério Manoel Biagi Moreno(2), Mariselma Ferreira(3), Paulo de Souza Gonçalves(4)e Luiz Henrique Capparelli Mattoso(5), 2003

[4]

LOYEN, G. Le futur du caoutchouc naturel et l'Inro.Plantations, Recherche, Développement, Montpellier,v. 5, n. 4, p. 261-268, 1998.

[5]

Mano, E. B. & Mendes, L. C. - *Avaliação das propriedades dos polímeros*, editora Edgard Blucher, SP, Brazil, (1999).

[6]

Preparação de Argila Modificada com Cloreto de Cetilpiridíneo e Avaliação da Interação desta com o PVC.

Daniel K. Resende, Camila B. Dornelas, Maria I. B. Tavares, Ailton S. Gomes, Leonardo. A. Moreira Instituto de Macromoléculas, UFRJ

Lúcio M. Cabral Laboratório de Tecnologia Industrial Farmacêutica, UFRJ

Luiz. A. Simeoni Laboratório de Farmacologia Molecular, UnB (2010)

[7]

Wan, C.; Zhang, Y. & Zhang, Y. - "Polymer Testing", **23**, p.299-306 (2004).

[8]

Obtenção e caracterização de argilas organofílicas visando à aplicação em nanocompósitos poliméricos. K. C. Nóbrega*, A. S. D. Wanderley, A. M. D. Leite, E. M. Araújo, T. J. A. de Melo, Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande (2011)

[9]

[1] Souza Santos, P., *Ciência e Tecnologia de Argilas*, vol. 1, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1989.

[10]

ARGILAS ESPECIAIS: O QUE SÃO, CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES

Antonio C. Vieira Coelho* e Pérsio de Souza Santos, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Helena de Souza Santos, Departamento de Física Geral, Instituto de Física, Universidade de São Paulo (2006)

[11]

<http://www.cabot.com.br/negro-fumo.html>

[12]

Dannenberg, E. M. - Rubber Chem. Technol., 48, p.411 (1975).

[13]

Medalia, A. I. & Kraus, G. - "*Reinforcement of Elastomers by Particulate Fillers*" in: Science and Technology of Rubber, Second Edition, cap. 8, Academic Press, New York (1994).

[14]

CARACTERIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ PARA USO COMO MATÉRIA-PRIMA NA FABRICAÇÃO DE REFRATÁRIOS DE SÍLICA

Viviana Possamai Della, Ingeborg Kühn e Dachamir Hotza, Departamento de Engenharia Mecânica/Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001

[15]

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Divisão de Pesquisas – DIPEQ/SC. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*, Florianópolis, Ago., 2001.

[16]

Robin Yoshifumi Chigami, *Análise Mecânica do Látex Proveniente de Luvas Cirúrgicas Recicladas Antes e Após a Irradiação de Elétrons*, 2012

[17]

Reciclagem de Resíduos Agro-Industriais: Cinza de Casca de Arroz como Fonte Alternativa de Sílica, *Viviana Possamai Della**, *Ingeborg Kühn*^{a,b}, *Dachamir Hotza*^a, *Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC*, 2005

[18]

Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland, Marcos O. de Paula¹, Ilda de F. F. Tinôco², Conrado de S. Rodrigues³, Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, 2008

[19]

Estudo das características físicas e químicas da cinza do bagaço de cana-de-açúcar para uso na construção Igo Henrique Silva Nunes¹; Romel Dias Vanderlei²; Maicon Secchi³; Marcelo Akira Pietrobon, 1 Mestrando - Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, 2008

[20]

Caracterização de Artefatos Elastoméricos obtidos por Revulcanização de Resíduo Industrial de SBR (Copolímero de Butadieno e Estireno), Tatiana Weber *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Caxias do Sul, RS*, Aline Zanchet, Janaina S. Crespo *Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, UCS*, 2011.

[21]

Pedro Padilha De Menezes Filho Caracterização De Compósitos Obtidos Através Da Recuperação De Luvas Cirúrgicas, 2012

[22]

<http://www.rubberpedia.com/vulcanizacao/vulcanizacao.php>

[23]

<http://www.mundoeducacao.com.br/quimica/vulcanizacao-borracha.htm>

[24]

<http://www.plastico.com.br/revista/pm312/radiacao2.htm>

[25]

<http://www.astm.org/Standards/D412.htm>