

IRRADIAÇÃO DA BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE SEMENTES DE URUCUM (*BIXA ORELLANA* L.) PARA APLICAÇÕES EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Paula S. Teixeira, Thaís N. Fonseca, Eduardo de Moura e Aurea B. C. Geraldo

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP
pulateixeirasant@gmail.com
thais.fonseca@fatec.sp.gov.br
emoura@ipen.br
ageraldo@ipen.br

RESUMO

O estudo de compósitos poliméricos reforçados com fibras vegetais tem se tornado popular nas últimas décadas já que este tipo de material possibilita a redução tanto do rejeito de biomassa como o custo final do produto polimérico. Fibras vegetais existem em grande quantidade, são de baixo custo e conjugam biodegradabilidade e renovação. Além disso compósitos de polímero-celulose são mais resistentes à flexão e ao impacto que o mesmo material exclusivamente feito em polímero. Especificamente a celulose contida nas sementes de urucum está presente em uma concentração em torno de 40-45 %, o qual torna-se importante para o uso industrial. Neste trabalho, o bagaço das sementes de urucum após a remoção do seu pigmento avermelhado foi usado para obter compósitos de polietileno de alta densidade (PEAD). O material original foi usado sem e com um pré-tratamento que removeu componentes como o resíduo do pigmento remanescente, açúcares, proteínas e ácidos graxos. As fibras remanescentes foram secas, fragmentadas e submetidas à irradiação por feixe de elétrons nas doses de 10 kGy, 25 kGy, 50 kGy e 75 kGy para verificar o efeito da radiação na estrutura da celulose e seu subsequente efeito na matriz polimérica.

1. INTRODUÇÃO

O uso de fibras lignocelulósicas como carga em compósitos é um tema bastante abordado por alguns autores, onde muitos estudos estão relacionados a dificuldade do processamento desses compósitos e ao comportamento dessas fibras, já que possuem algumas limitações. As fibras dessa natureza quando incorporadas como cargas em uma matriz polimérica são potenciais modificadores de materiais termoplásticos, sendo que estes materiais vegetais são ricos em celulose, apresentam lignina na sua composição e podem ser considerados como outro componente polimérico [1].

Os compósitos poliméricos são definidos como a mistura de dois ou mais componentes dispersos em uma matriz polimérica. As propriedades individuais de cada composto determinam as propriedades finais produto. É de extrema importância à compatibilidade entre a fibra lignocelulósica e a matriz polimérica [2].

O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) é classificado como uma *commoditie*: é um polímero de baixo custo, de fácil processamento e reciclagem e é uma das matrizes poliméricas comumente usadas para fabricação de produtos compósitos [3].

A utilização de bagaço vegetal como carga em materiais poliméricos é uma alternativa para o reaproveitamento e conseqüentemente agrega valor aos rejeitos de biomassa derivados de celulose. Nos Estados Unidos e na Europa existe uma legislação que proíbe a queima descontrolada desses “resíduos” [4].

As sementes de Urucum (Fig. 1) são constituídas basicamente de 40 a 45% de celulose, 3,5 % a 5% de açúcares, 0,3 a 0,9% de óleo essencial, 3% de óleo fixo, 4,5 a 5,5 % de pigmentos, de 13 a 16% de proteínas. O pigmento natural de Urucum é muito utilizado no ramo alimentício, onde é aplicado para dar coloração em alimentos: embutidos, laticínios, bebidas, também é muito utilizado em fármacos e em cosméticos. O uso de corantes naturais ganhou grande importância com a proibição de alguns pigmentos sintéticos, nos Estados Unidos na Europa só uma pequena parcela dos corantes sintéticos é permitida: na Itália o uso de corantes sintéticos em alimentos é proibido [5]. Em contra partida é perceptível a quantidade significativa de celulose que essas sementes possuem.



Figura 1: Sementes de Urucum.

O presente trabalho tem como objetivo utilizar a biomassa de sementes de urucum na obtenção de compósitos de PEAD. Além disso, o processo de irradiação aplicado a esse tipo de material visa melhorar a processabilidade do mesmo quando utilizado como carga na matriz polimérica de PEAD e as propriedades do produto final.

2. METODOLOGIA

2.1. Obtenção das Sementes de Urucum

O urucum foi adquirido no comércio local já livre do ouriço que contém as suas sementes. As sementes utilizadas para a obtenção do bagaço celulósico foram coletadas após a extração do seu pigmento (utilizado em outro estudo desenvolvido no IPEN), na Fig. 2 é possível observar as sementes com seu pigmento já extraído.



Figura 2: Sementes de Urucum sem o pigmento.

2.2. Preparo das Sementes de Urucum

As sementes foram utilizadas como recebidas (após a extração dos corantes) e também após lavagem com solução de hidróxido de sódio 0,001M, sob agitação e aquecimento até atingir a temperatura de 50°C (cerca de 10 minutos). Esse tratamento foi necessário para livrar o material de possíveis contaminantes sólidos. Após esse procedimento as sementes foram retiradas e lavadas em água corrente, e colocadas em estufa à 60°C durante 24 horas. Depois disto foram trituradas em moinho de ferro fundido utilizado comumente em feiras livres para moer condimentos. Parte das sementes moídas também ficou imersa em água e sob agitação por 1 h para a remoção dos açúcares; essas foram chamadas “sementes sem açúcar” e comparadas àquelas que não passaram por esse tratamento (sementes “com açúcar”). Parte desse material também foi colocado em um sistema de destilação por arraste de vapor para a remoção do óleo essencial e demais frações de substâncias voláteis.

O material limpo dessa maneira foi levado ao processo de irradiação por feixe de elétrons nas doses de 10 kGy, 25 kGy, 50 kGy e 75 kGy para verificar o efeito da radiação na sua estrutura celulósica e seu efeito subsequente após a incorporação na matriz polimérica.

2.3 Obtenção dos Compósitos

As sementes foram pesadas em massas correspondentes à concentração de 1 % e 5 % (p/p) do bagaço, em função do total de grânulos de PEAD. Foi utilizada uma extrusora dupla rosca para a obtenção dos compósitos, sem a presença de compatibilizante. Uma baixa concentração da carga vegetal foi usada com objetivo de se verificar a compatibilidade entre

a fibra e a matriz polimérica; os compósitos obtidos estão representados na Fig. 3. O PEAD virgem extrudado teve seus resultados destes ensaios de caracterização dos compósitos comparados ao dos seus compósitos de biomassa de sementes extrudados nas mesmas condições.



Figura 3 : Compósitos obtidos pelo processamento de extrusão.

2.4 Caracterização dos Materiais

As amostras de sementes e do compósito extrudado foram caracterizadas por termogravimétrica (TG) e espectrometria no infravermelho (FTIR).

2.4.1 Termogravimetria (TG)

As sementes e os compósitos extrudados foram analisados em um analisador termogravimétrico de marca TA, modelo Q600 STD (CTR- IPEN). O comportamento de decomposição térmica desses materiais (irradiados e não irradiados) foi avaliado entre as temperaturas 40 °C a 800 °C, sob uma taxa de aquecimento de 20 °C/min e sob o fluxo de ar comprimido de 100 ml/min. O procedimento foi realizado em cadinho de alumina e a massa da amostra utilizada foi de 7 mg a 10 mg. Com esse equipamento é possível obter a variação de calor em função da temperatura (calorimetria exploratória diferencial – DSC) para as amostras. A derivada primeira da curva de perda de massa em função da temperatura também foi calculada.

2.4.2 Espectrometria no infravermelho com Transformada de Fouier (FTIR)

Os espectros de FTIR foram obtidos pelo equipamento de marca Nicolet, modelo Nexus 470, na frequência de 400 a 4000 cm^{-1} (região do infravermelho médio) e após 16 varreduras. Esta análise teve a finalidade de verificar o tipo de grupos funcionais presentes nos agregados vegetal e polimérico e sua eventual modificação após a irradiação por feixe de elétrons.

As amostras de sementes foram prensadas com KBr para a formação de pastilhas e os grânulos dos compósitos foram prensados para a formação de um filme (Fig. 4).

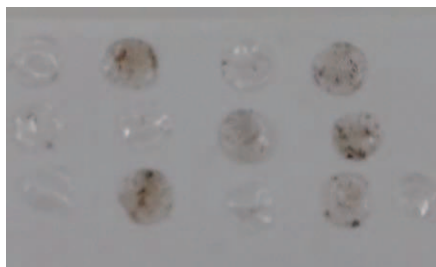


Figura 4: Filmes prensados das amostras dos compósitos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterizações da biomassa de sementes

A caracterização da biomassa das sementes foi realizada por FTIR e TG que serão apresentadas nos itens a seguir.

3.1.1 Análise espectral por FTIR

Na Fig. 5 observam-se os espectros das sementes pré-tratadas com e sem açúcar, sementes que não passaram por esse pré-tratamento e o espectro das sementes após destilação por arraste de vapor.

Nesses espectros de infravermelho há uma banda em 3406 cm^{-1} que é relacionada a vibração da deformação axial da ligação O-H da hidroxila de álcool [6]. Há uma banda em 2937 cm^{-1} referente à vibração de deformação axial assimétrico do grupamento metileno, relativa à cadeia hidrocarbonada [6]. Na região de 2100 cm^{-1} há uma banda larga que refere-se a deformação da ligação N-H em aminas, proveniente das proteínas presentes na semente. As bandas em 1746 cm^{-1} e 1240 cm^{-1} são relativas a vibração de ligação do grupo carbonila ($>\text{C}=\text{O}$) de cetonas, aldeídos e ésteres [6]. Em 1657 cm^{-1} relativa à deformação axial da ligação C=C presente na lignina [7,8]. A banda fraca em 1546 cm^{-1} refere-se a deformação axial assimétrica do ânion carboxilato proveniente de resíduo dos carotenóides presentes na superfície da semente [7,8]. As bandas em 1454 cm^{-1} e em 1410 cm^{-1} referem-se aos modos de estiramento das ligações C-O e C=C da lignina [7,8]. A banda em 1344 cm^{-1} refere-se à deformação C-O em fenóis, presentes na lignina [7,8]. Vibração de deformação axial da ligação C-O também estão representado neste espectro nas bandas de 1148 cm^{-1} , 1077 cm^{-1} e 1047 cm^{-1} devido à presença de celulose, hemicelulose e lignina, além do resíduo de carotenóides [7,8].

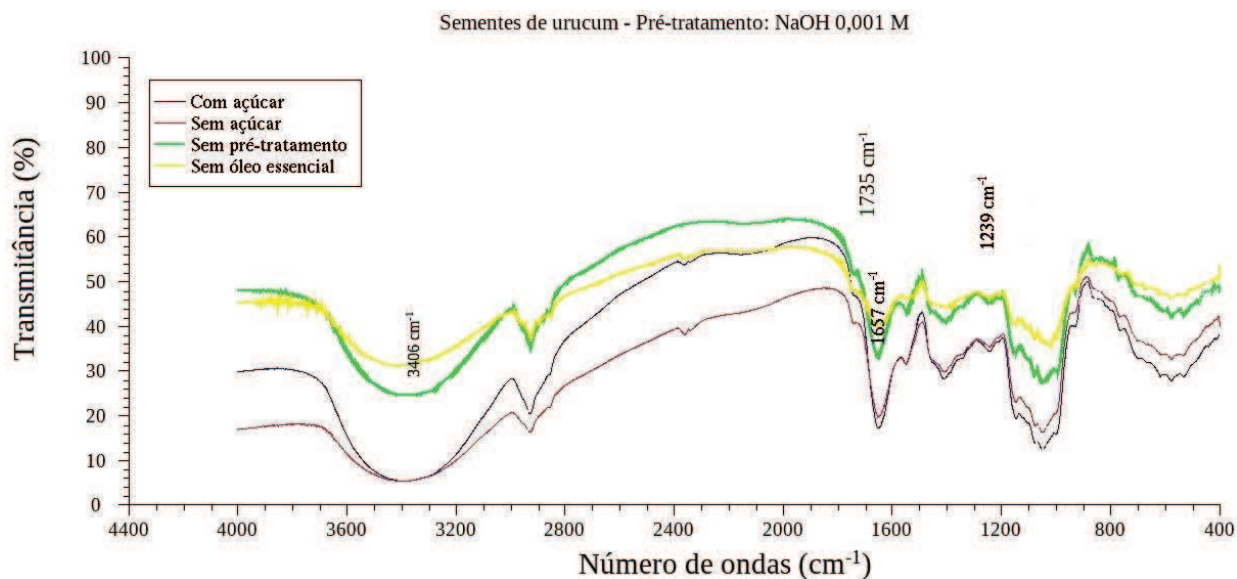


Figura 5: Sementes com pré-tratamento e não irradiadas.

Os modos vibracionais de deformação angular fora do plano da ligação C-H olefínica surge em 996 cm⁻¹ relativo ao grupamento vinila presente nos carotenóides e na lignina [7,8]. Em 931 cm⁻¹ devido a deformação angular fora do plano do grupo O-H em ligação de hidrogênio em dímeros de ácidos provenientes dos carotenóides [7,8]. Em 865 cm⁻¹ e em 765 cm⁻¹ essas bandas referem-se ao modo vibracional das ligações C-H em compostos aromáticos isolados e em compostos aromáticos adjacentes à lignina respectivamente [7,8]. As bandas presentes em 689 cm⁻¹, em 618 cm⁻¹, em 573 cm⁻¹ e em 538 cm⁻¹ referem-se a outros modos vibracionais da ligação C-H olefínica presente na lignina e nos carotenóides [6,7,8].

Uma pequena diferença de intensidade das bandas, principalmente às relacionadas às vibrações da ligação O-H e C-O (3406 cm⁻¹ e 1148 cm⁻¹, 1077 cm⁻¹ e 1047 cm⁻¹), são observadas nas amostras “sem açúcar”, sugerindo que houve a diminuição da concentração deste tipo de substância, sendo esta a única diferença em relação ao espectro da amostra “com açúcar”.

Foi verificado que não há diferença significativa entre a composição do material vegetal pré-tratado e o não pré-tratado; os espectros são compatíveis com o de substâncias que contém material lignocelulósico. No espectro da biomassa de sementes após a destilação por arraste de vapor, observa-se que a única diferença é a ausência da banda em 1546 cm⁻¹ que se refere a deformação axial assimétrica do ânion carboxilato, proveniente de ácidos graxos e óleos essenciais.

Não havendo diferença entre as sementes que contaram com a remoção parcial de açúcar, os procedimentos de irradiação foram realizados nas sementes no seu estado original praticamente (pré-tratadas com solução alcalina diluída para a remoção de eventuais contaminantes indesejáveis e moídas).

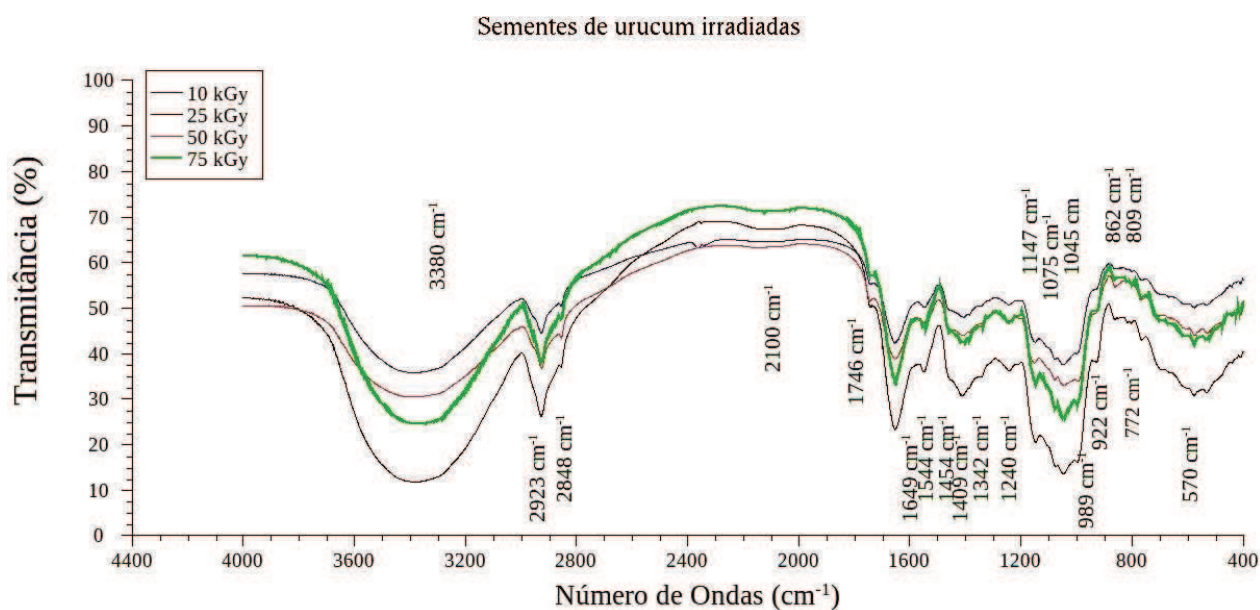


Figura 6: Sementes pré-tratadas e irradiadas.

Quando as sementes são irradiadas (Fig. 6), não observa-se alterações qualitativas evidentes nos espectros, no entanto há a diminuição da intensidade das bandas citadas, sugerindo que há degradação das amostras; observa-se uma diminuição do alargamento da banda em 3380 cm^{-1} sugerindo que há degradação das interações por pontes de hidrogênio e nas bandas em 862 cm^{-1} e 772 cm^{-1} sugerindo a ocorrência de condensação dos núcleos aromáticos da lignina [8]. A diminuição da intensidade das bandas dos espectros de FTIR de materiais lignocelulósicos quando submetidos à irradiação gama também foi observado por Olaru e colaboradores [9]

3.1.2 Termogravimetria

A Fig. 7 mostra o comportamento da percentagem de perda de massa em função da temperatura e para as amostras de sementes moídas com e sem açúcares de baixa massa molecular.

Nas amostras com açúcar, observa-se que de 40 °C a 130 °C há um evento com 5 % de perda de massa e com pico do DTG em 89 °C e que se refere à evaporação de água da humidade das amostras e também é evidenciado pelo máximo endotérmico em 86 °C segundo o DSC. O segundo evento ocorre entre 130 °C a 375 °C com 51 % de perda de massa; nesse evento são contabilizados 3 máximos na DTG: 195 °C, 234 °C e 299 °C, que segundo Meng et all [10] é nessa faixa de temperatura que ocorre a pirólise da hemicelulose e um ombro em 336 °C, que segundo esse autor ocorre a pirólise da celulose, esse evento também é evidenciado pelo máximo exotérmico em 345 °C. O último evento ocorre na faixa de 375 °C a 535 °C, sendo que este evento ocorre com 39 % de perda de massa e é aquele que tem a maior amplitude na DTG (2 máximos: 443 °C e 473 °C) e na DSC (com um máximo em 480 °C e um ombro em 493 °C); segundo Subramanian e colaboradores [11] nessa faixa de temperatura ocorre a decomposição térmica de ácidos graxos, graxas e lignina. A decomposição térmica desta

amostra na faixa de temperatura analisada ainda apresenta 5 % de resíduo final que é devido aos compostos inorgânicos presentes.

Nas amostras sem açúcar o comportamento de perda de massa em função da temperatura é muito semelhante. As alterações são percebidas minimamente na DTG no primeiro evento (não há o máximo em 195 °C) e na DSC no segundo evento (o pico tem 2 máximos: um em 468 °C e outro em 499 °C), cujas alterações são relativas à perda de açúcares de baixa massa molecular.

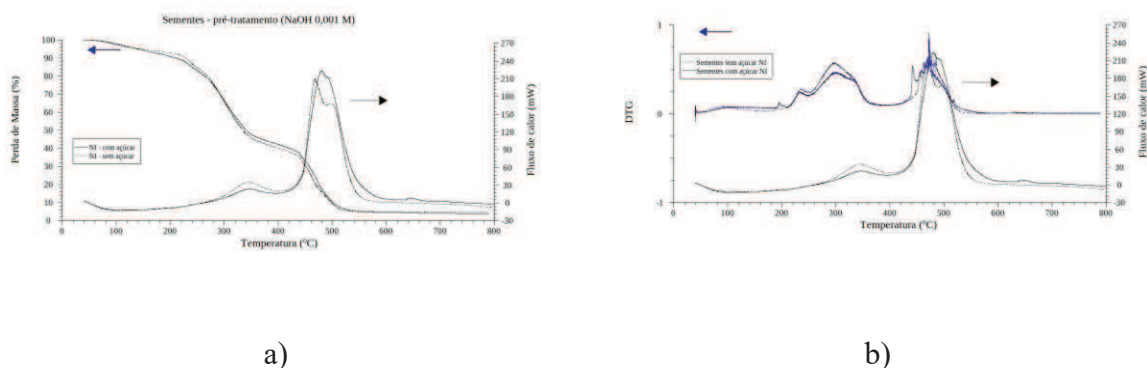


Figura 7: Termogravimetria das amostras de sementes pré-tratadas e não irradiadas: a) % perda de massa em função da temperatura e sua respectiva DSC; b) DTG e DSC da curva de % perda de massa.

Quando o processo de irradiação é aplicado, poucas alterações são observadas. A Tabela 1 mostra o resultado quantitativo de cada parâmetro obtido da termogravimétrica (percentagem de perda de massa, DTG e DSC em função da temperatura), onde verifica-se mudanças mais significativas na temperatura do pico no último evento (DSC e DTG), cuja tendência é apresentar somente uma temperatura máxima seja nas amostras com e sem açúcar, sugerindo que com o aumento da dose as alterações são mínimas, no entanto há uma tendência a degradação do material lignocelulósico, observação que converge com os resultados do item anterior.

A pequena alteração na estrutura molecular das sementes está relacionada à presença de lignina, que contendo anéis fenólicos funciona como uma substância radioprotetora do material.

Tabela 1: Parâmetros provenientes da termogravimetria das amostras de sementes não irradiadas e irradiadas.

Amostra		Intervalo de T da etapa de degradação			Percentagem de degradação (%)		
		Temperatura do pico (°C):			Termograma		
		Calorimetria diferencial DTG					
		Endotérmico	Exotérmico		<i>Eventos secundários</i>		<i>Evento Principal</i>
			<i>Eventos secundários</i>	<i>EP[†]</i>			
Não irradiadas 0 kGy	Com açúcar	40 a 130 86 89	130 a375 345 195/234/299/ 336	375 a 535 480/493 443/473	5	51	39 Resíduo: 5
	Sem açúcar		130 a375 345 234/299/336	375 a 535 468/499 473			
10 kGy	Com açúcar	40 a 130 86 89	130 a375 345	375 a 535	5	51	36-39 Resíduo: 3-4
	Sem açúcar		234/299/336	492 473			
25 kGy	Com açúcar	40 a 130 86 89	130 a375 345	375 a 535 476/502 443/473	5	51	39 Resíduo: 5
	Sem açúcar		234/299/336	375 a 535 476 473			

50 kGy	Com açúcar	40 a 130 86 89	130 a375 345 195/234/299/ 336	375 a 535 478/488 443/473	5	51	39
	Sem açúcar		130 a375 345 234/299/336				Resíduo: 5
75 kGy	Com açúcar	40 a 130 86 89	130 a375 345 195/234/299/ 336	375 a 535 482/489 443/473	5	51	39
	Sem açúcar		130 a375 345 234/299/336	375 a 535 485 473			Resíduo: 5-6

3.2 Compósitos PEAD/Biomassa Lignocelulósica

Os compósitos de PEAD com a biomassa com e sem pré-tratamento foram comparados com os respectivos compósitos de biomassa irradiada. Os compósitos de biomassa sem pré-tratamentos apresentaram coloração mais escura (Fig. 8) do que aqueles obtidos com sementes pré-tratadas (Fig. 9), a mistura entre os componentes apresenta-se compatível macroscopicamente. O aumento da dose absorvida nas sementes promove o escurecimento dos compósitos irradiados.



Figura 8: Compósitos com 1 e 5 % (da esquerda para direita) com semente não irradiada e não pré-tratada.



Figura 9: Compósitos com 1 % e 5 % (da esquerda para direita) com biomassa pré-tratada (não irradiada).

3.2.1 Análise espectral por FTIR

Os espectros de FTIR do termoplástico PEAD e seus compósitos com 1 % de biomassa das sementes está mostrado na Fig. 10. O espectro do PEAD é típico para este termoplástico. Há três bandas fortes características desse polímero de origem olefínica: região de 2.970 cm^{-1} a 2.850 cm^{-1} devido à vibração das deformações axial assimétrica e simétrica do grupo metileno ($-\text{CH}_2-$), região 1.477 cm^{-1} a 1.430 cm^{-1} devido à deformação angular simétrica no plano do ($-\text{CH}_2-$) e na região de 730 cm^{-1} a 710 cm^{-1} devido à vibração de deformação angular assimétrica no plano do ($-\text{CH}_2-$). Vibrações fracas são observadas em 642 cm^{-1} devido à vibração angular fora do plano da ligação C-H olefínico; em 899 cm^{-1} devido à vibração do grupo vinila ($-\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2-$), vibrações médias são observadas na região de 1.350 cm^{-1} a 1.150 cm^{-1} devido à deformação angular assimétrica em fase no plano do grupo ($-\text{CH}_2-$), mais especificamente um dublete em 1.375 cm^{-1} e em 1.351 cm^{-1} devido à vibração de deformação em movimento de leque desse grupo, as bandas na região 1.639 cm^{-1} e 1.579 cm^{-1} estão relacionadas com a vibração da ligação com terminação R-CH=CHR e derivados desse grupamento e finalmente em 1.735 cm^{-1} observa-se uma vibração de deformação axial da ligação dupla $-\text{C}=\text{C}-$.

Não foram observadas alterações dessas características nos espectro dos compósitos de PEAD/1 % biomassa de sementes não irradiada (com e sem pré-tratamento) e também nas irradiadas nas doses de 10 kGy e 75 kGy. Desta forma, a mistura do termoplástico principal a 1 % da biomassa vegetal não alterou significativamente o produto final em relação ao material de partida.

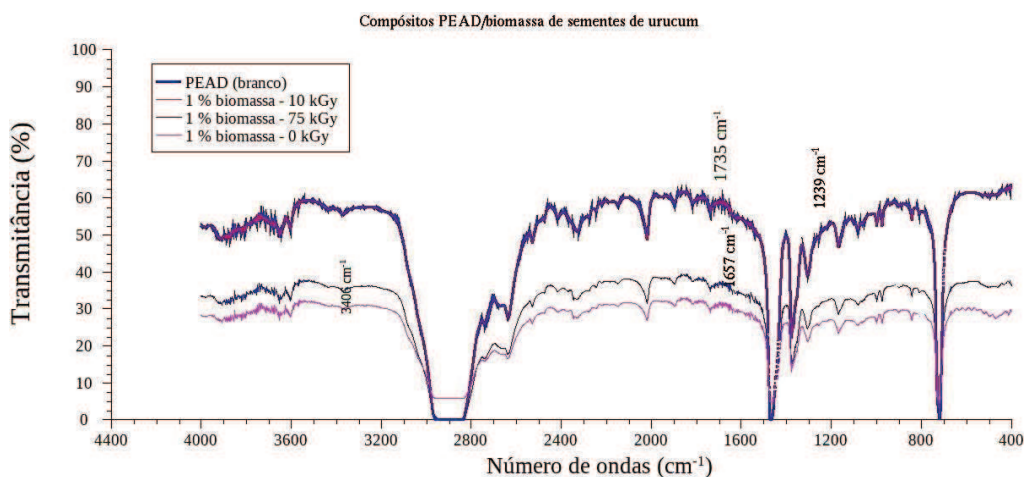


Figura 10: Espectros de FTIR das amostras de PEAD e dos seus compósitos contendo 1 % de biomassa de sementes não irradiada e irradiada (10 kGy e 75 kGy).

A Fig. 11 mostra os espectros de FTIR do PEAD e de seus compósitos com 5 % de biomassa de sementes. O espectro dos compósitos contendo 5 % de biomassa de sementes não irradiadas mostra um pequeno alargamento na região de 1755 cm^{-1} e 1240 cm^{-1} , são relativas a vibração de ligação do grupo carbonila ($>\text{C}=\text{O}$) de cetonas, aldeídos e ésteres, típicos da biomassa das sementes; essa alteração também é observada no espectro cujas sementes foram irradiadas na dose de 10 kGy. No espectro do material irradiado na dose de 75 kGy observa-se um alargamento na região de 3406 cm^{-1} , devido à vibração da ligação O-H de álcoois, alargamento da banda em 1657 cm^{-1} , deformação axial da ligação C=C presente na lignina e m alargamento na região de 1022 cm^{-1} , devido à presença de celulose, hemicelulose e lignina, além do resíduo de carotenóides, confirmando a presença de biomassa irradiada nesse compósito.

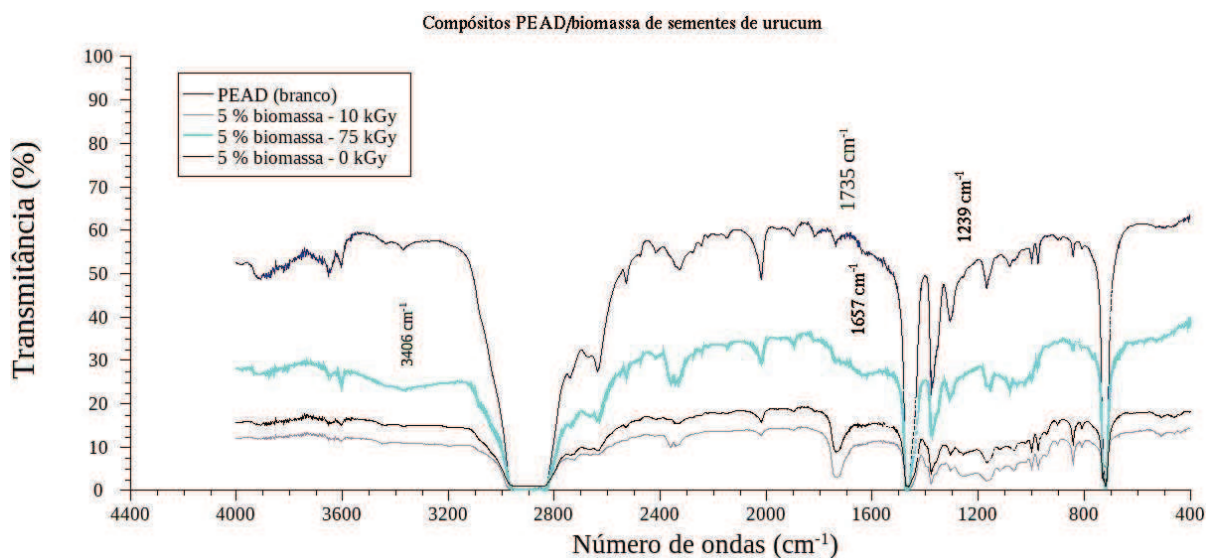


Figura 11: Espectros de FTIR das amostras de PEAD e dos seus compósitos contendo 5 % de biomassa de sementes não irradiada e irradiada (10 kGy e 75 kGy).

3.2.2 Termogravimetria

Os parâmetros de termogravimetria têm como finalidade ser um indicativo da compatibilidade do componente de menor proporção na matriz polimérica. A sutileza de alguns eventos de degradabilidade podem ser enfatizados pela derivada da curva de perda de massa em função da temperatura e também pela variação do calor envolvido na degradação (entalpia) em função da temperatura.

Nos resultados mostrados na Fig. 12, no caso do PEAD a temperatura do primeiro evento (endotérmico) ocorre entre os valores médios de 40 °C a 195 °C e acontece com até 1 % de perda de massa, cujo máximo ocorre na temperatura de 147 °C; esse evento corresponde à perda da umidade e substâncias voláteis que compõe o material. Em seguida, o evento principal ocorre na faixa de temperatura de 195 °C até 472 °C com perda de massa média de 93 % (máximo em 425 °C no DSC), devido à termodegradação da matriz polimérica formada pelo esqueleto hidrocarbonado.

Esses eventos estão descritos na literatura, porém observa-se ainda mais uma faixa de 470 °C a 515 °C relativo ao último 6 % restantes do material (máximo em 505 °C no DSC) e que possivelmente está relacionado à degradação dos produtos provenientes da oxidação do material durante o ensaio, que foi realizado sob fluxo de ar.

Há um comportamento específico nos compósitos com 1 % de biomassa de sementes não irradiadas: basicamente o comportamento da perda de massa é semelhante, porém os máximos no DSC são distintos: nas sementes que não sofreram o pré-tratamento o DSC mostra um pico exotérmico com o registro de vários eventos secundários não resolvidos entre si; já nas sementes que sofreram o pré-tratamento há dois eventos básicos: a degradação do polímero base (máximo em 410 °C) e a degradação da parte da biomassa (máximo em 486 °C), semelhante ao resultado obtido no item 3.1.2 deste trabalho. Esses resultados sugerem que quando a biomassa é misturada ao polímero base nesse nível de concentração há melhor compatibilidade quando se usa a biomassa de sementes sem efetuar o pré-tratamento.

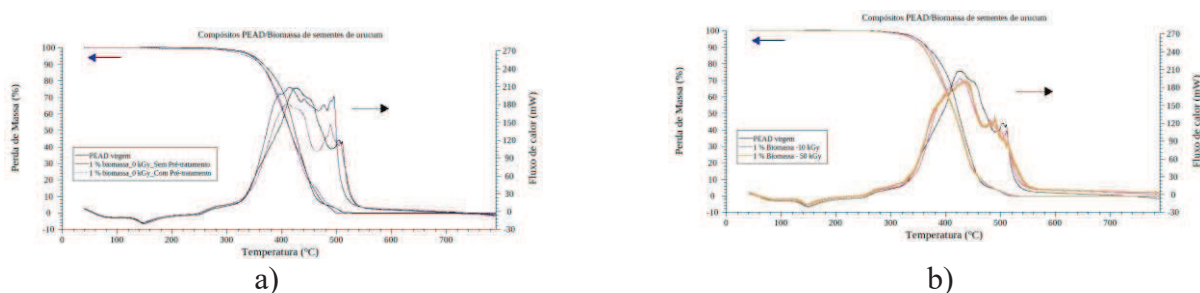


Figura 12: Resultados da termogravimétrica dos compósitos PEAD/1 % de biomassa de sementes a) não irradiadas (com e sem pré-tratamento) e b) irradiadas sem pré-tratamento (doses 10 kGy e 50 kGy).

Quando se utiliza a biomassa de sementes sem passar pelo pré-tratamento e irradiadas (Fig. 12 b), o DSC mostra uma tendência em haver somente um máximo em 486-490 °C, sugerindo que o processo de irradiação pode auxiliar na compatibilização da biomassa ao polímero em maior proporção.

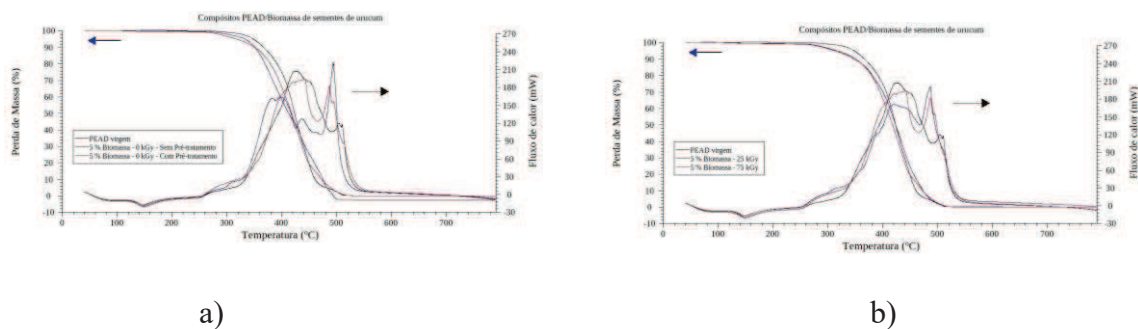


Figura 13 Resultados da termogravimétrica dos compósitos PEAD/5 % de biomassa de sementes a) não irradiadas (com e sem pré-tratamento) e b) irradiadas sem pré-tratamento (doses 25 kGy e 75 kGy).

Aumentando-se a proporção de biomassa na mistura polimérica (Fig.13), o comportamento de perda de massa é semelhante ao já visto na proporção menor, porém os resultados de DSC mostram baixa compatibilidade da biomassa à matriz polimérica estando a biomassa não irradiada (com ou sem pré-tratamento), ou irradiada em doses maiores às verificadas quando se utiliza uma concentração de biomassa menor (25 kGy e 75 kGy).

4. CONCLUSÕES

A biomassa das sementes de urucum é formada basicamente de material lignocelulósico (lignina, hemicelulose e celulose). O pré-tratamento das sementes não influenciou nas suas características principais nem tão pouco a remoção de alguns subprodutos como açúcares e óleos e outros materiais graxos. A irradiação da biomassa vegetal não mostrou alterações significativas além da degradação do material. Foi possível obter compósitos da biomassa das sementes de urucum com PEAD sem o uso de compatibilizante principalmente quando se utiliza uma concentração de 1 % de biomassa e essa compatibilização parece ser incrementada quando se utiliza a biomassa irradiada nessas condições.

AGRADECIMENTOS

CNPq/PROBIC e Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- IPEN-CNEN/SP, pela bolsa concedida e à pesquisadora Sandra Maria Cunha pelos espectros de FTIR.

REFERÊNCIAS

1. A.L. Marinelli, M.R. Monteiro, J.D. Ambrósio, M.C. Branciforti, M. Kobayashi, A.D. Nobre, "Development of polymeric composites with natural fibers: a contribution to the sustainability of Amazon", *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **18 (2)**, pp. 92-99 (2008).
2. W.D. Callister Jr., *Ciência e engenharia de materiais: uma introdução*, São Paulo, Brasil (2002).
3. D. R. Mulinari, *Comportamento térmico, mecânico e morfológico dos compósitos de*

- polietileno de alta densidade reforçados com fibras de celulose do bagaço de cana de açúcar*. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, Brazil (2009).
4. C.A. Correa, C.N.P. Fonseca, S. Neves, C.A. Razzino, E.H. Junior, “Compósitos Termoplásticos com Madeira”, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **13(3)**, pp. 154-165 (2003).
 5. C.B. Castro, C.S. Martins, I.C. Falesi, R.F.R. Nazaré, O.R. Kato, R.L. Benchimol, M.M. Maués, *A cultura do urucum/Embrapa Amazônia Oriental*, 2^{ed.}, Embrapa Informação Tecnológica, Coleção Plantar, v. 64, Brasília, DF (2009).
 6. R.M. Silverstein, G.C. Bessler, T.C. Morrill, *Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos*, pp.65, 3^{rd.} ed., Editor Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil (1979).
 7. M.A. Abdullah, A. Rahmah, Z. Man, “Physicochemical and sorption characteristics of Malaysian Ceiba pentandra (L.) Gaertn as a natural oil sorbent”, *J. Hazard. Mater.* **177**, pp. 683-691 (2010).
 8. M. Likon, M. Rem, V. Ducman, F. Svegl, “Populus seed fibers as a natural source for production of oil super absorbents”, *Journal of Environmental Management*, **114**, pp. 158-167 (2013).
 9. A. Olaru, T. Măluțan, C.M. Ursescu, M. Geba, L. Stratulat, “Structural Changes in Hemp Fibers Following Temperature, Humidity and UV or Gamma-Ray Radiation Exposure”, *Cellulose Chem. Technol.*, **50 (1)**, pp. 31-39 (2016).
 10. A. Meng, H. Zhou, L. Qin, Y. Zhang, Q. Li, “Quantitative and Kinetic TG-FTIR Investigation on Three Kinds of Biomass Pyrolysis”, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **104**, pp. 28–37 (2013).
 11. K. Subramanian, P.S. Kumar, P. Jeyapal, N. Venkatesh, “Characterization of ligno-cellulosic seed fibre from *Wrightia Tinctoria* plant for textile applications - an exploratory investigation”, *European Polymer Journal*, **41 (5)**, pp. 853-851 (2005).