

Na Figura 4-47 o mapa de cores mostra que a relação de dispersão parece ter uma estrutura de dois V's separados (V V).

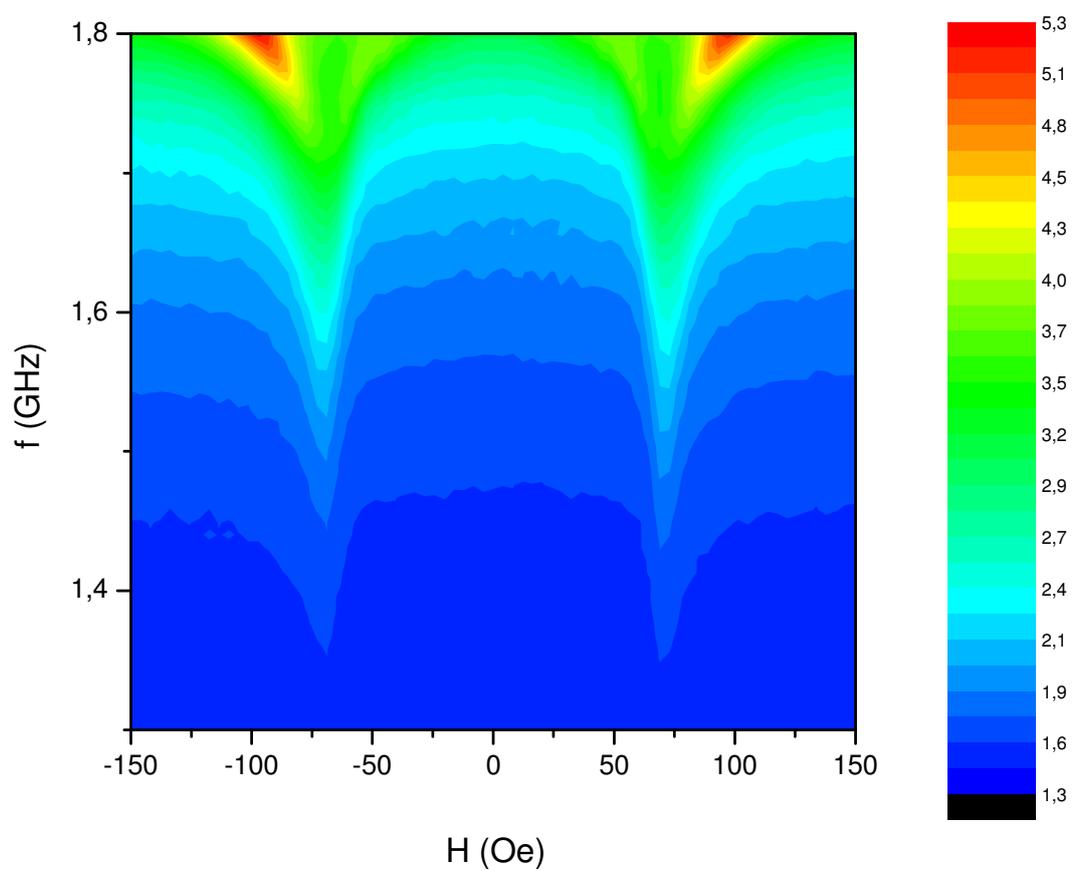


Figura 4-47. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-48 têm-se os gráficos de R e X para as frequências escolhidas, os quais mostraram claramente para a frequência de 1.8GHz a estrutura de picos quádruplos que apareceram anteriormente nas curvas de MI.

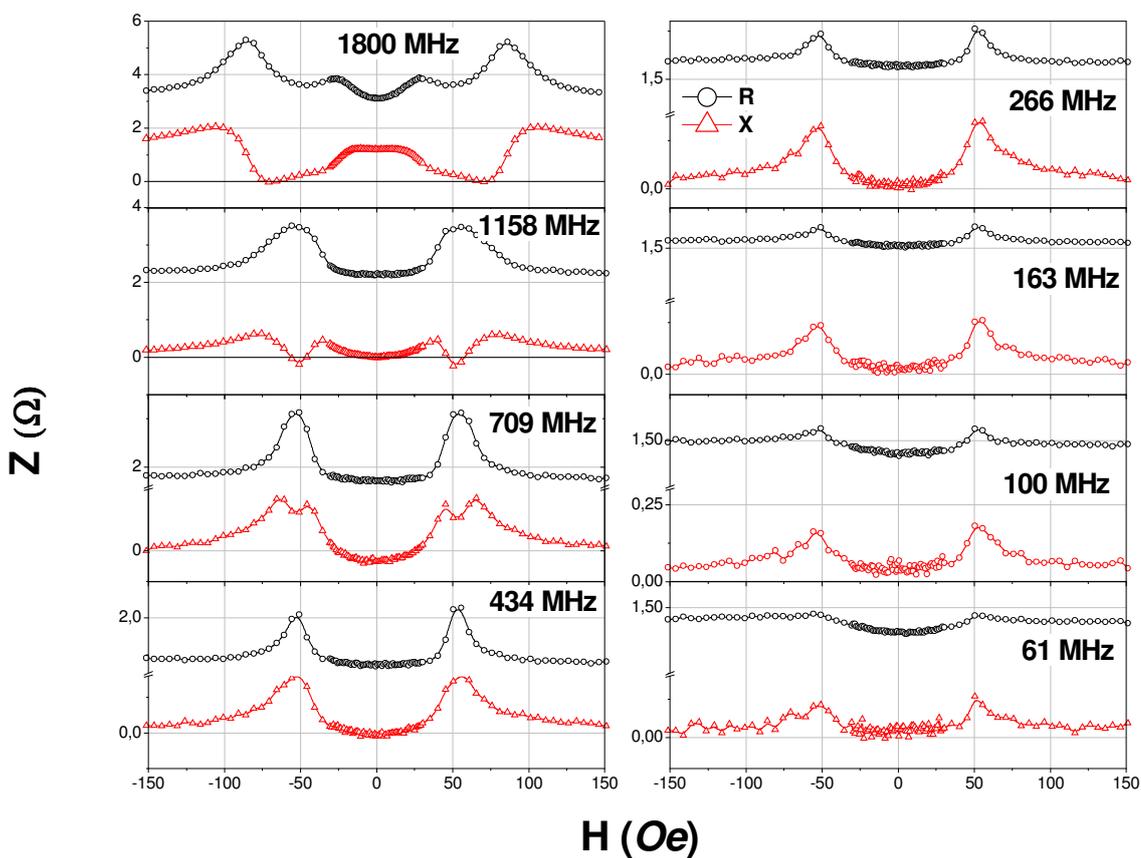


Figura 4-48. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte longitudinal.

Nas próximas três figuras as amostras com 30 bicamadas têm corte longitudinal. Na Figura 4-49 pode-se observar que uma estrutura de pico único é apresentada para todas as frequências escolhidas, apesar de que na frequência de 1.8GHz parece estar havendo uma transição de uma estrutura de pico único para uma de pico duplo. Nessa mesma frequência aconteceu a maior razão MI, em torno de 90%.

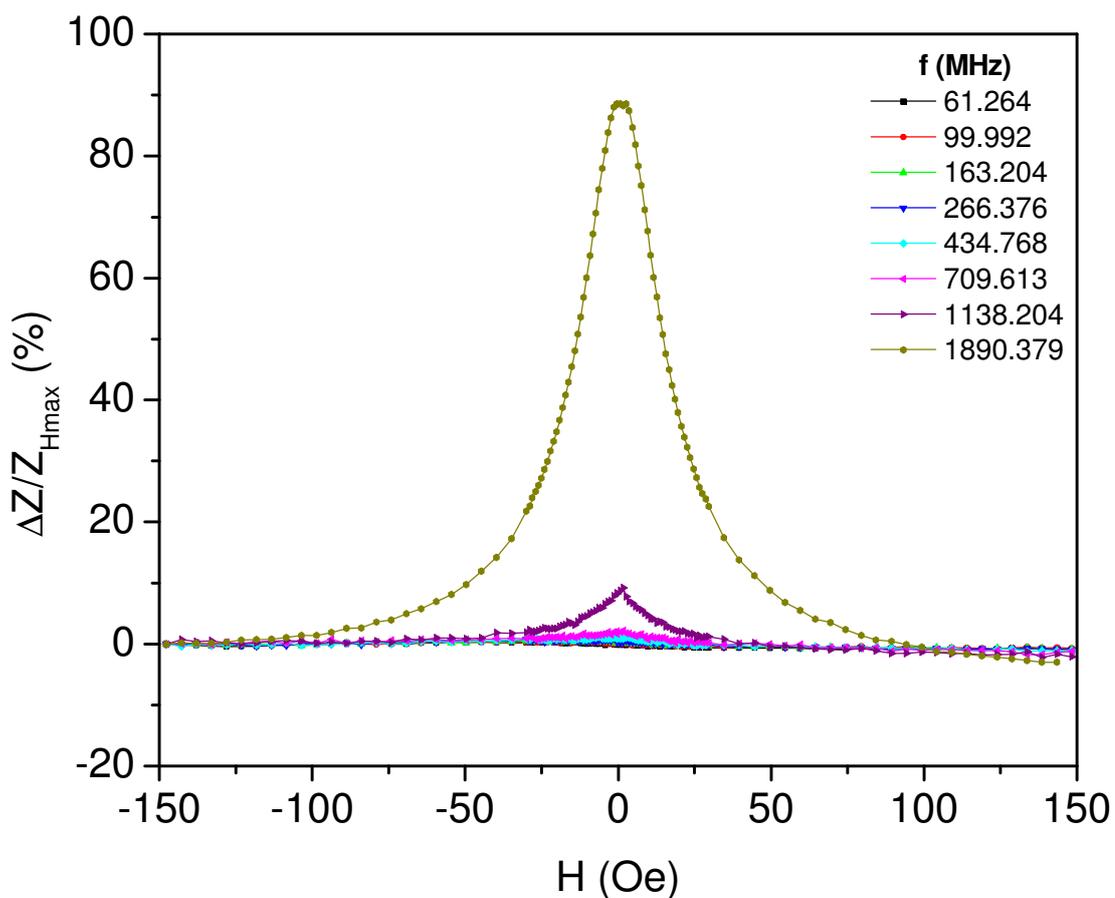


Figura 4-49. Curvas de MI x H para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte transversal.

Na Figura 4-50 o mapa de cores mostra que a estrutura da relação de dispersão possivelmente tem a forma de V.

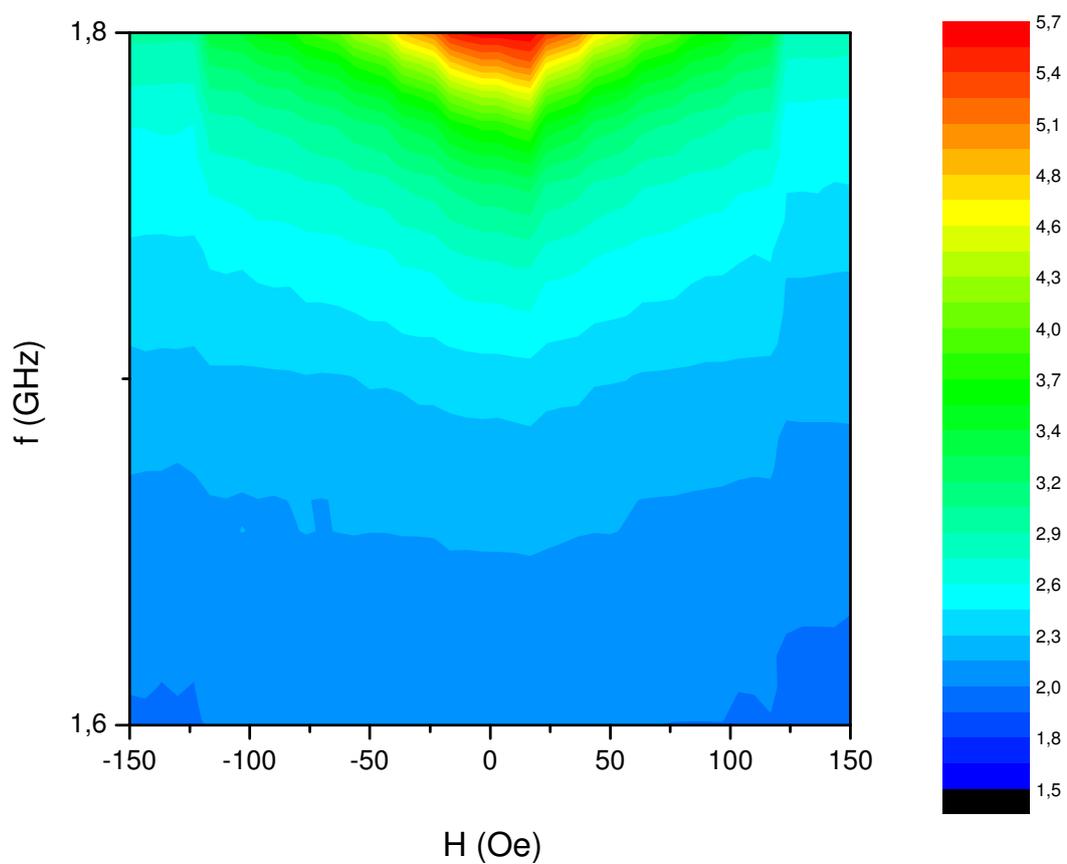


Figura 4-50. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})] \times 30$ com corte transversal.

Na Figura 4-51 pode-se comprovar que na frequência de 1.8GHz está começando uma evolução da estrutura de pico único para uma estrutura de pico duplo.

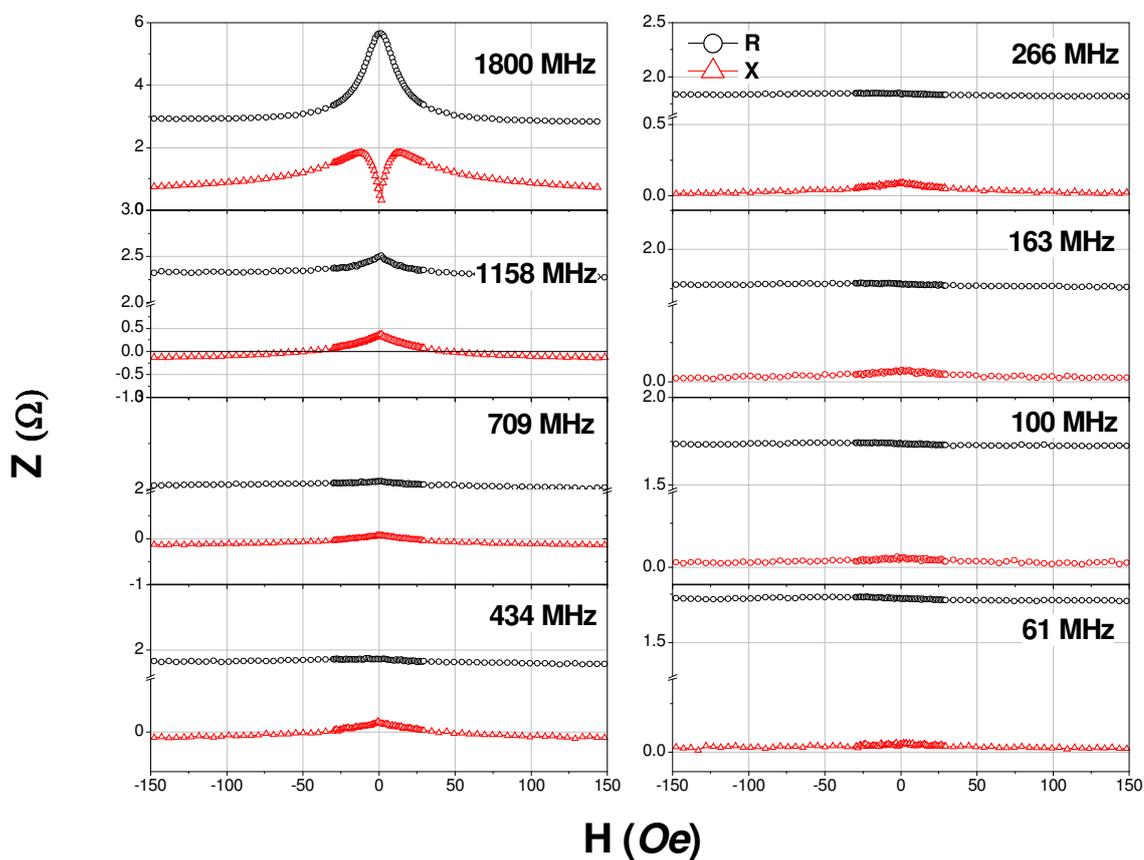


Figura 4-51. Curvas de Z x H , para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte transversal.

Nas próximas figuras são apresentados os resultados da MI para as amostras com 100Å de Py separadas por 25Å de Ag repetidas 50 vezes. Nas amostras com corte longitudinal também foi observada uma estruturas de múltiplos picos, também de picos quádruplos. Apesar de apresentar um sinal um pouco ruidoso, pode-se ver claramente a estrutura de picos quádruplos para a frequência de 1.8GHz.

A razão MI, em relação à série com 15 bicamadas, aumentou significativamente chegando a 42% na frequência de 1.1GHz, mas talvez por causa do sinal ruidoso diminuiu em relação com as amostras da série com 30 bicamadas.

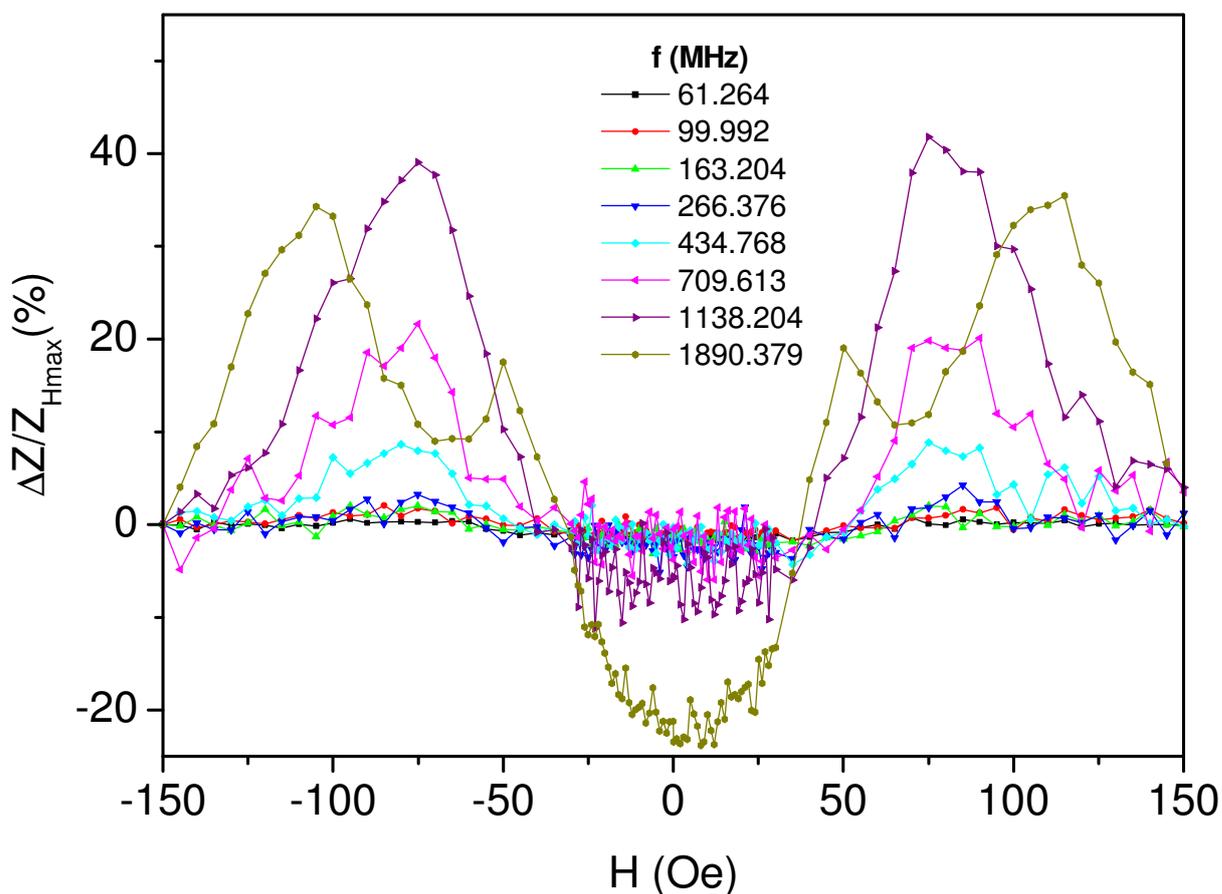


Figura 4-52. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Ag(25Å)]x50 com corte longitudinal.

Na Figura 4-53 através do mapa de cores para essa amostra pode-se ver a evolução dos picos e suas intensidades. Em relação a estrutura da relação de dispersão, pode-se pensar em uma estrutura também com dois V's separados.

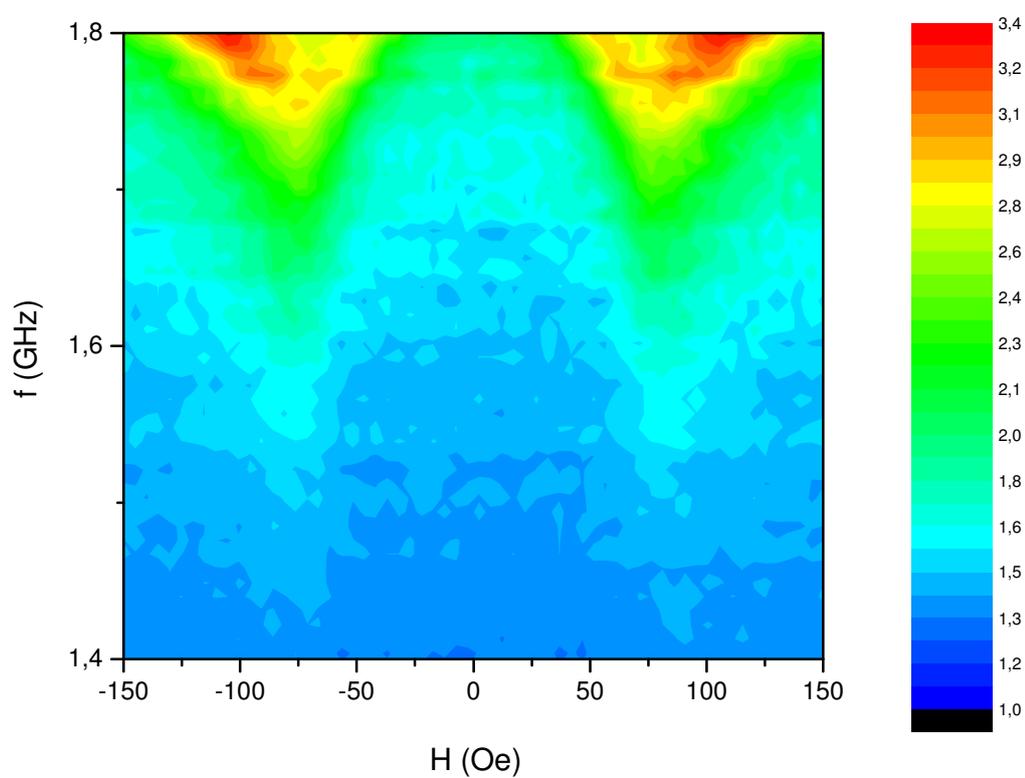


Figura 4-53. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-54 estão mostrados os valores de resistência e reatância, componentes da impedância Z , versus o campo magnético aplicado H . Na frequência de 1.8GHz pode-se ver claramente a coincidência do máximo da resistência com o mínimo da reatância, a qual é indicio de FMR.

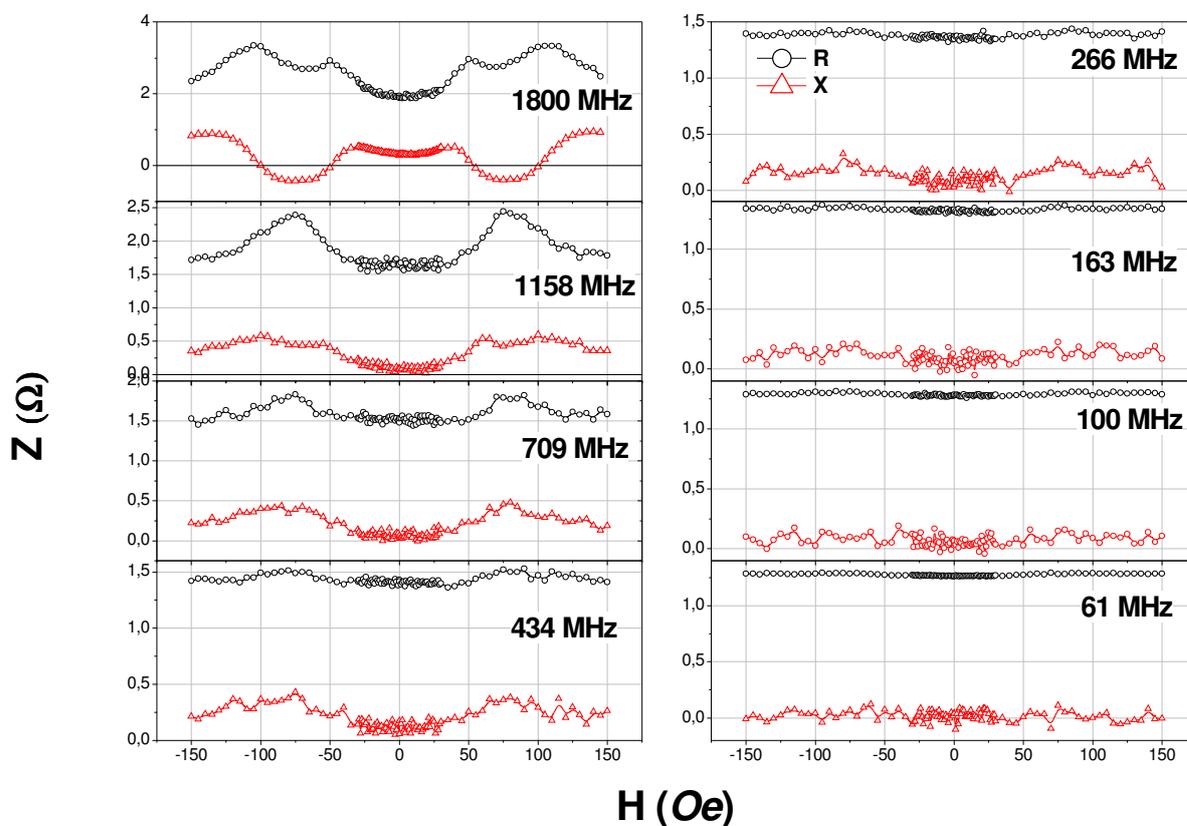


Figura 4-54. Curvas de Z x H , para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\text{x}50}$ com corte longitudinal.

Nas amostras com corte transversal pode-se observar uma estrutura de pico único para todos os valores de frequências estudadas. Na Figura 4-55, são mostradas as curvas para essas amostras, onde pode-se observar a estrutura de pico único e também o valor da razão MI que ficou em torno de 45,5% na frequência de 1.8GHz.

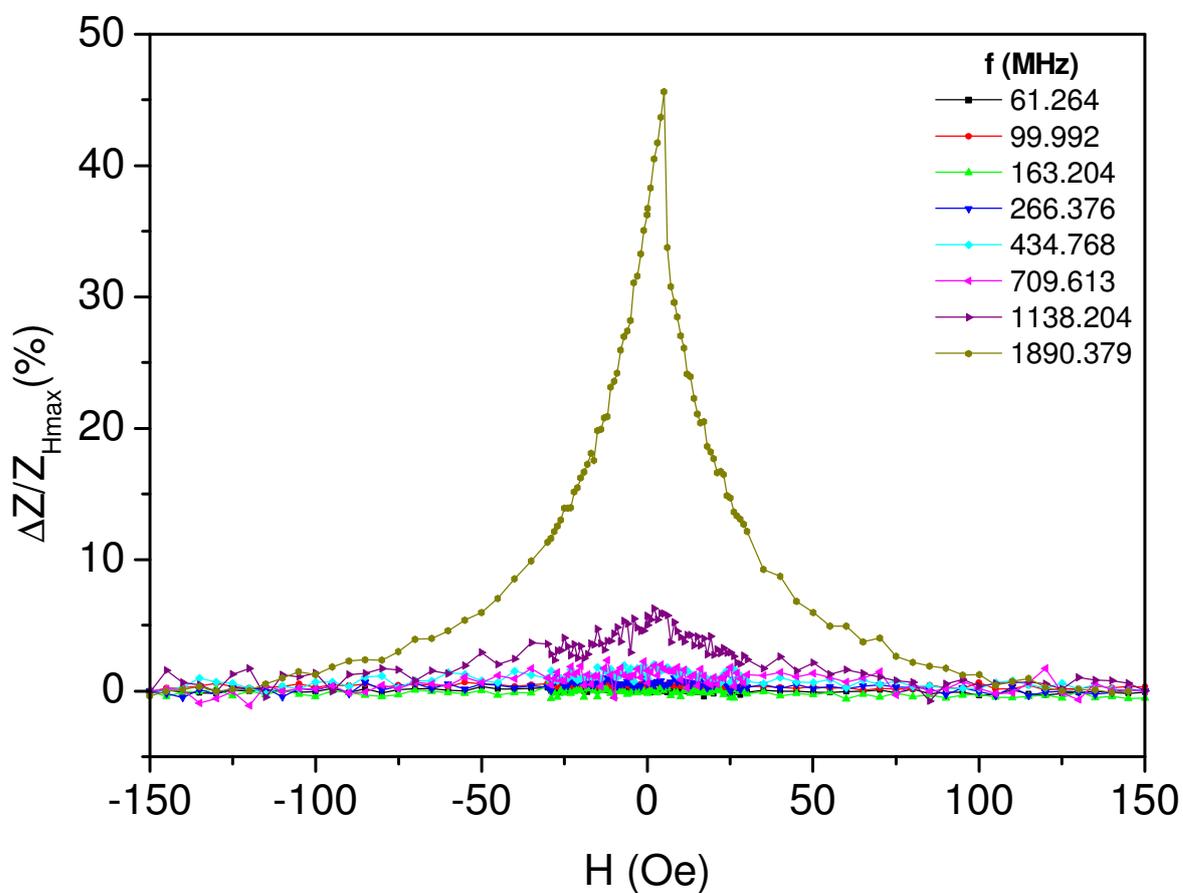


Figura 4-55. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Ag(25Å)]x50 com corte transversal.

Na Figura 4-56, através do mapa de cores para essa amostra, pode-se ver a evolução do pico e sua intensidade, onde nota-se a inexistência de um pico bem definido para as frequências mais baixas. O pico é claramente percebido nas frequências mais altas, a qual indica possivelmente uma relação de dispersão em forma de V.

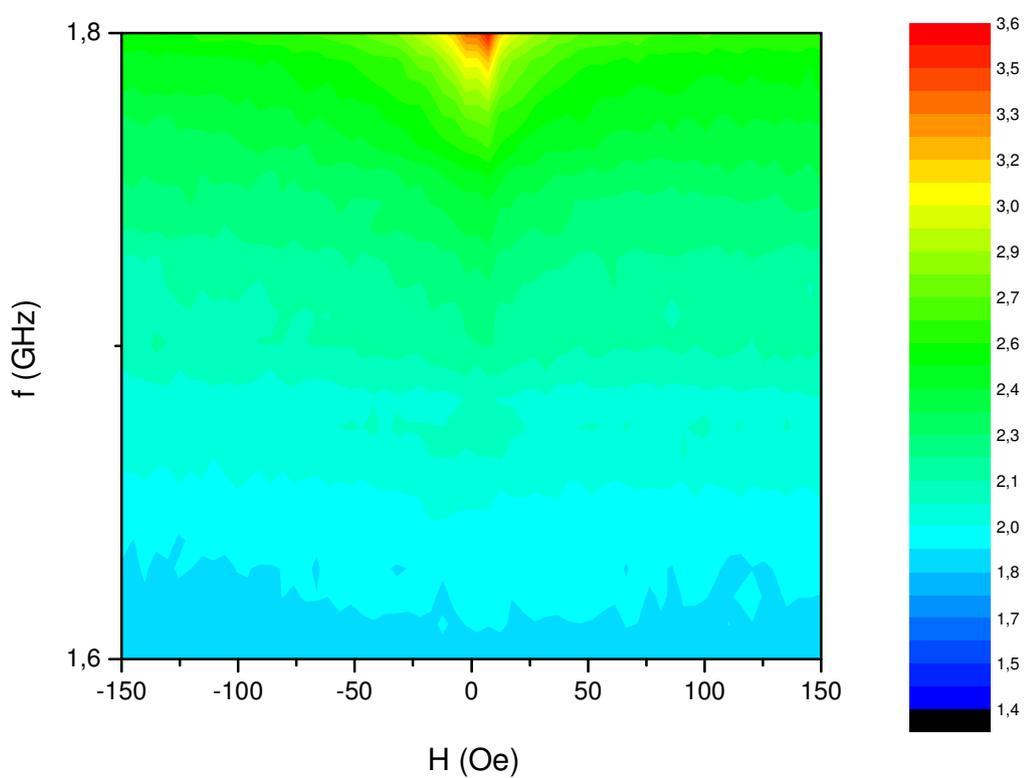


Figura 4-56. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})] \times 50$ com corte transversal.

Na Figura 4-57 pode-se ver a evolução dos valores da resistência e da reatância para as frequências apresentadas anteriormente. Pode-se ver que para as frequências mais baixas as variações são muito pequenas nas componentes da impedância Z , só aparece uma variação considerável para as frequências mais altas.

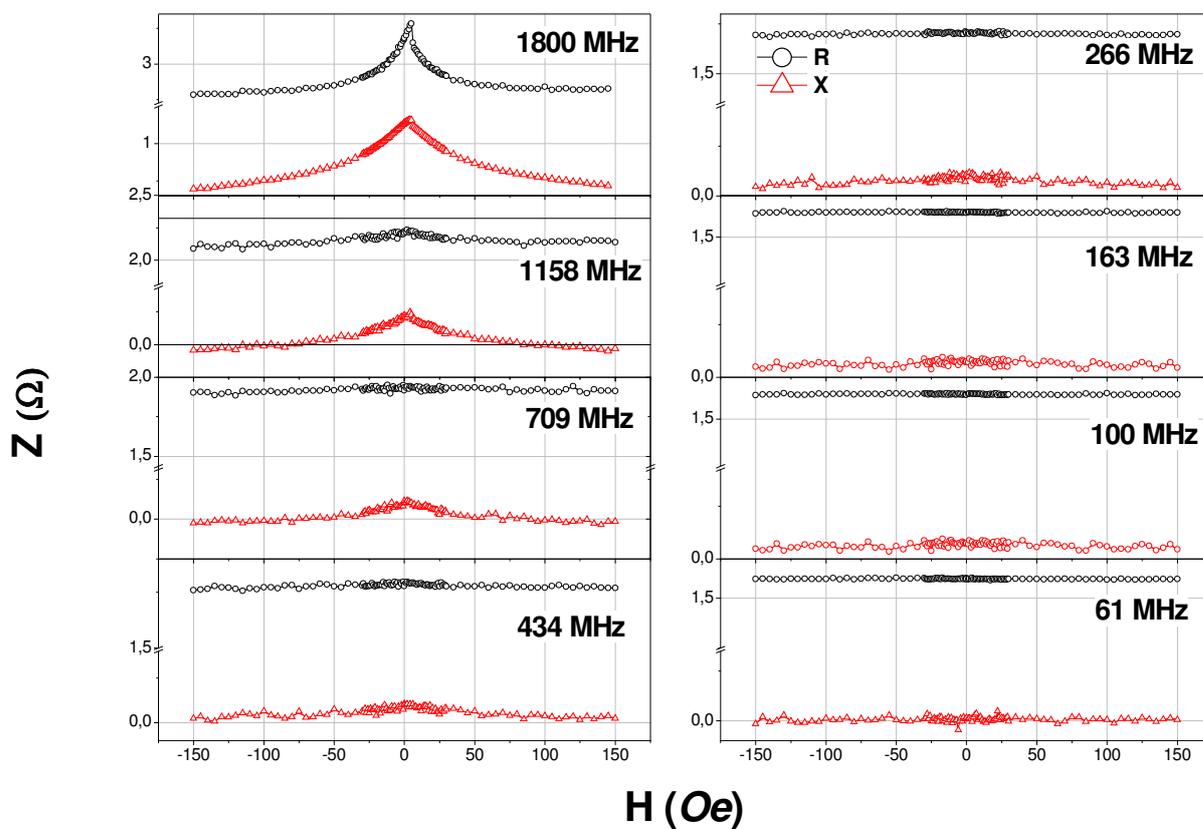


Figura 4-57. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte transversal.

Nas próximas seis figuras serão mostrados os resultados de MI para as amostras com 70 bicamadas. E nas próximas três figuras as curvas para as amostras com corte longitudinal serão mostradas. Na Figura 4-58 as curvas de MI apresentam uma estrutura de picos duplos para todas as frequências mostradas. A maior razão MI foi na frequência de 1.1GHz e foi de aproximadamente 102%. Na frequência de 1.8GHz aparecem indícios da formação de mais dois picos, os quais não se formaram mais pronunciadamente porque a amostra não chegou ao estado de saturação magnética.

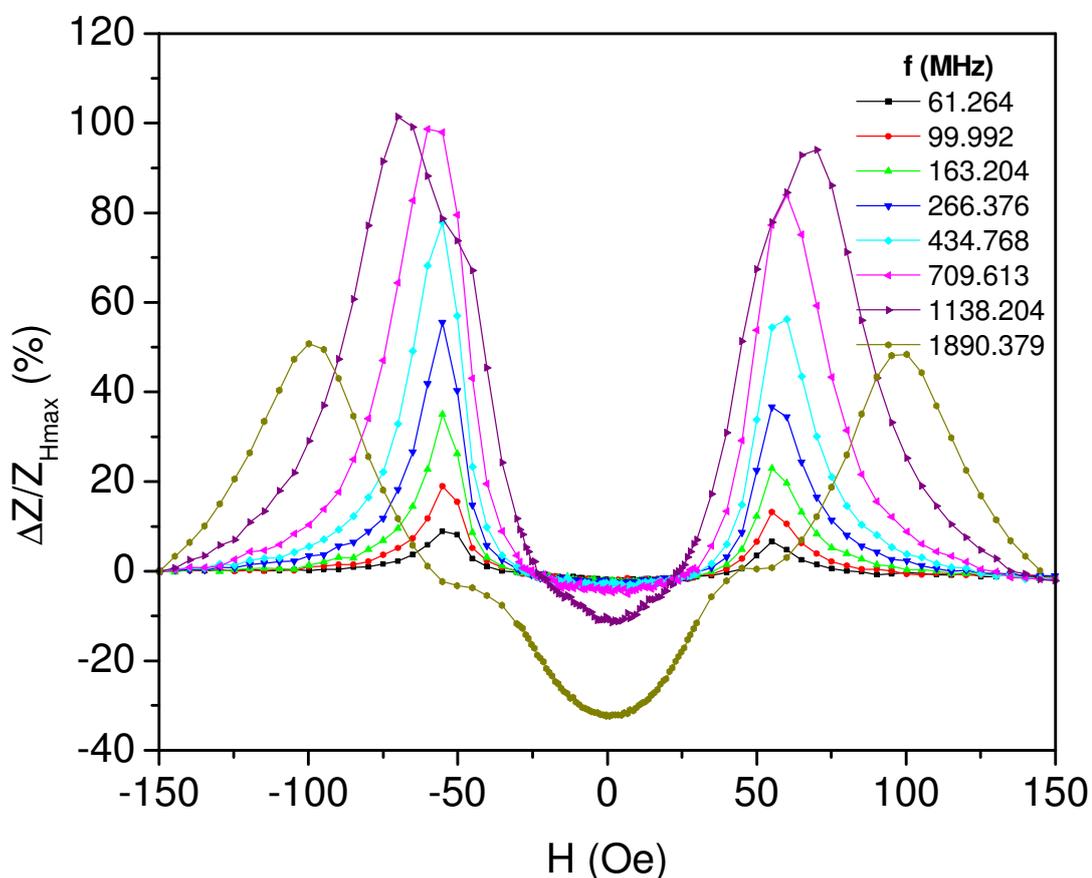


Figura 4-58. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Ag(25Å)]x70 com corte longitudinal.

Na Figura 4-59 o mapa de cores apresenta uma possível estrutura de dois V's bem separados para a relação de dispersão.

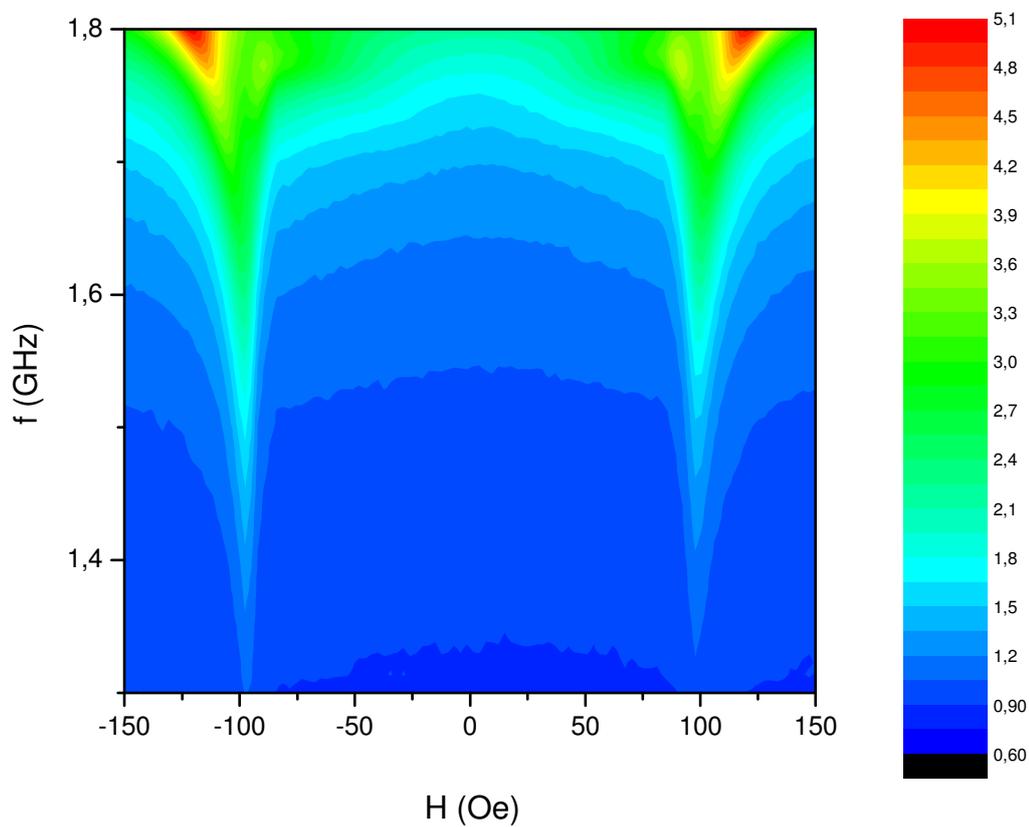


Figura 4-59. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{x70}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-60 percebe-se a formação de uma estrutura de quatro picos para as frequências de 1.1 e 1.8GHz. Ainda pode ser percebida a coincidência do valor máximo da resistência com a passagem pelo zero da reatância (FMR).

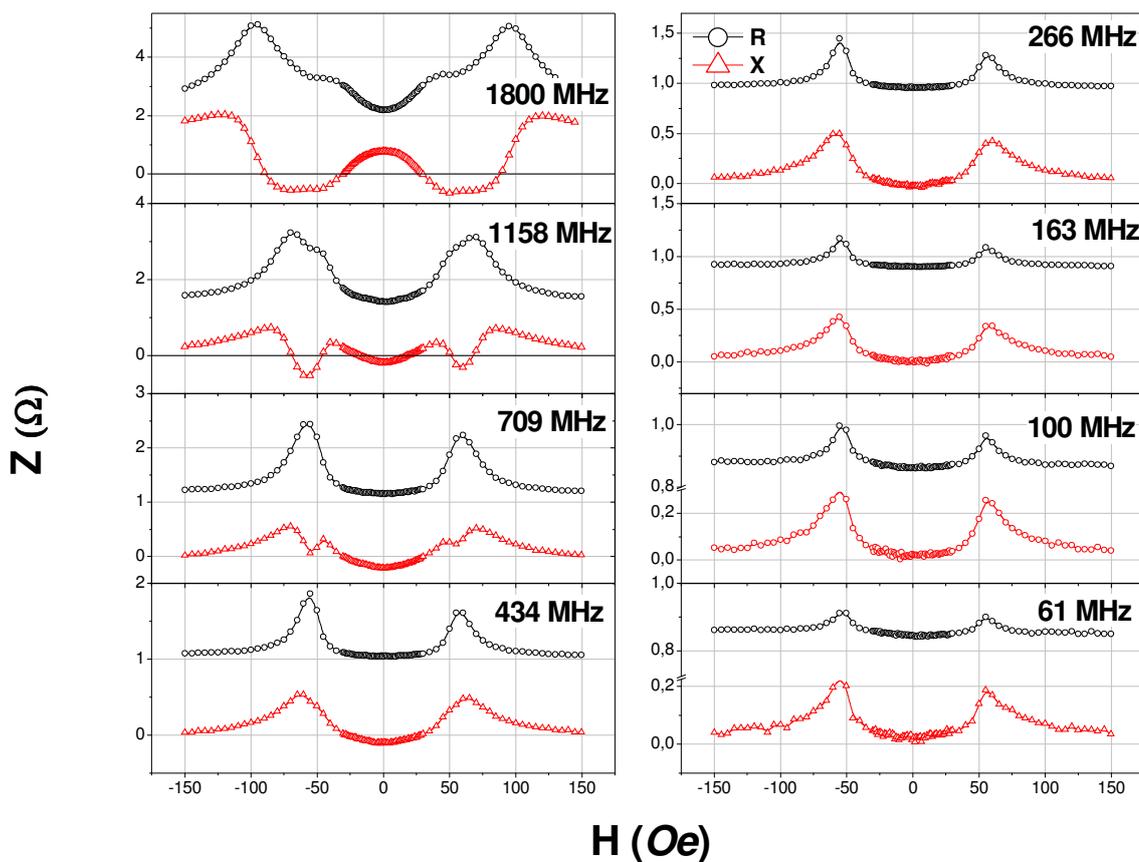


Figura 4-60. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{x70}$ com corte longitudinal.

Nas próximas três figuras as curvas mostradas são das amostras com mesma composição anterior, porém com corte transversal.

Na Figura 4-61 as curvas de MI apresentam uma estrutura de pico único para frequências até 1.1GHz. Já na frequência de 1.8GHz aparece uma estrutura diferente, a qual parece ser uma transição para uma estrutura de picos duplos. Nessa mesma frequência a razão máxima de MI foi observada, em torno de 125%.

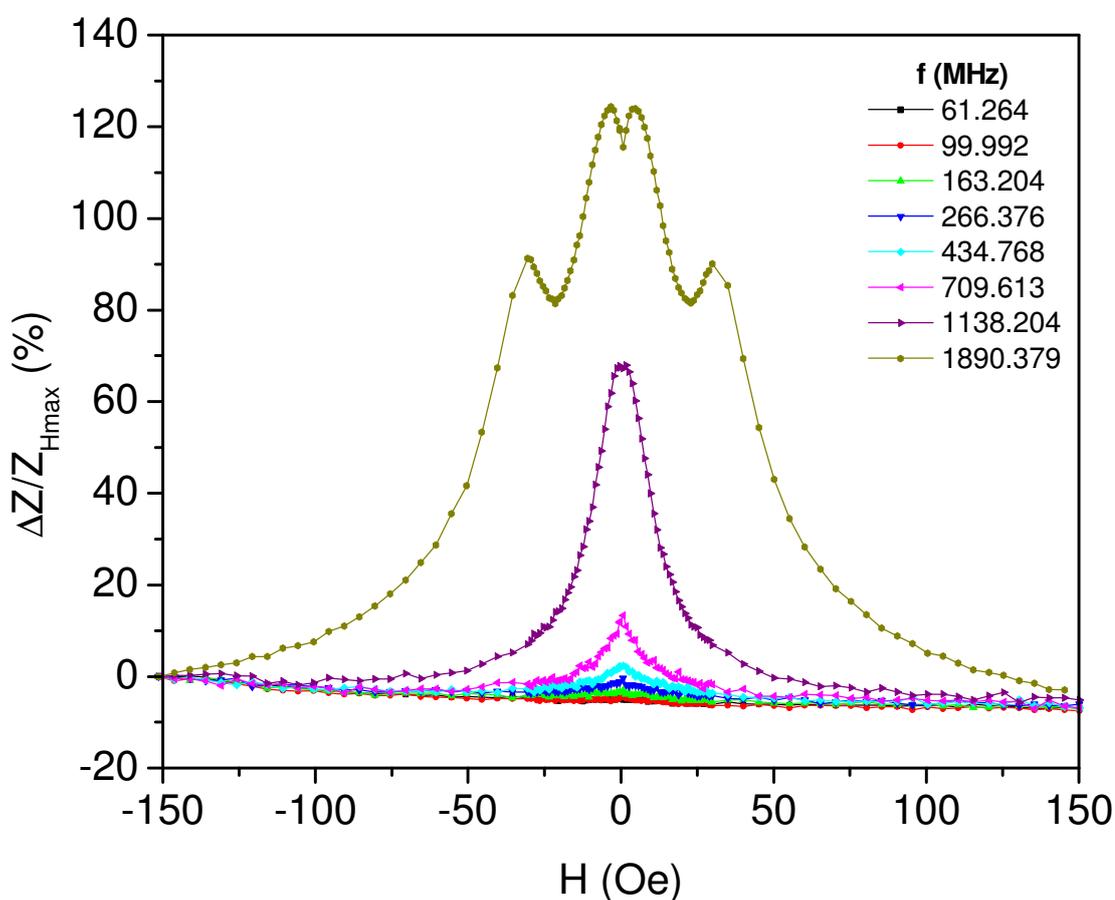


Figura 4-61. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Ag(25Å)]x70 com corte transversal.

Na Figura 4-62 pode-se perceber que o mapa de cores apresenta uma possível estrutura na forma de W para a relação de dispersão.

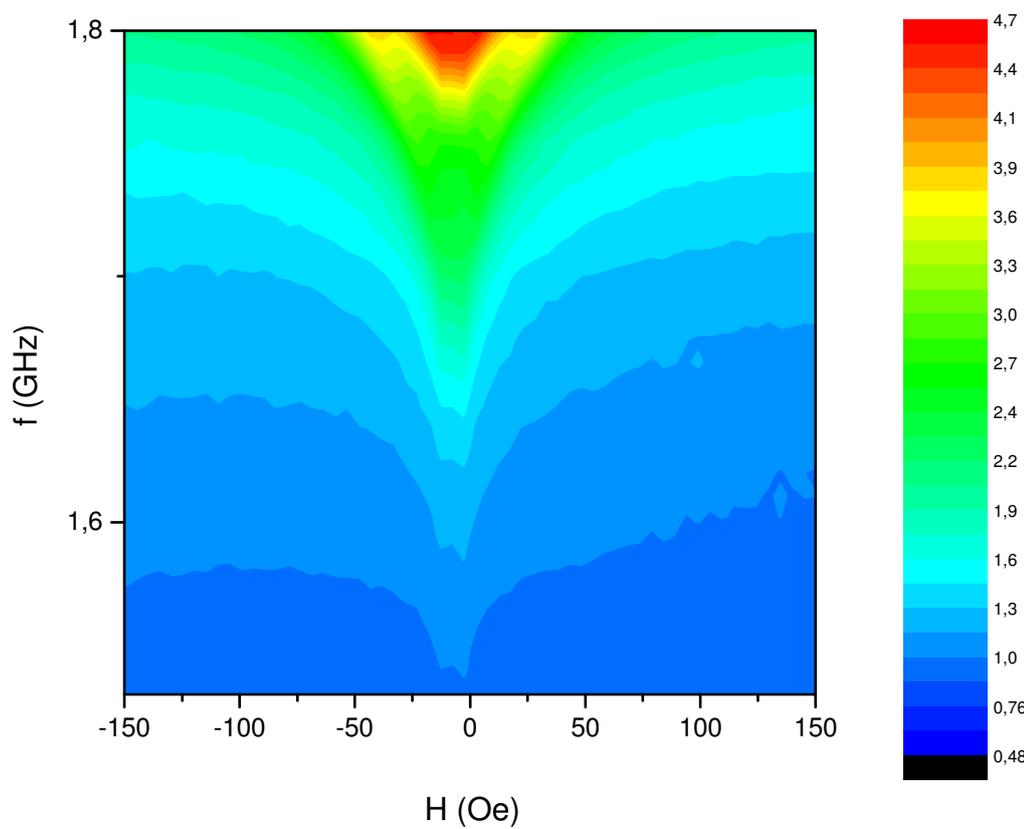


Figura 4-62. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 70}$ com corte transversal.

Na Figura 4-63 fica mais clara a evolução de uma estrutura de pico único para uma de picos duplos, a qual começa a acontecer a partir da frequência de 1.1GHz.

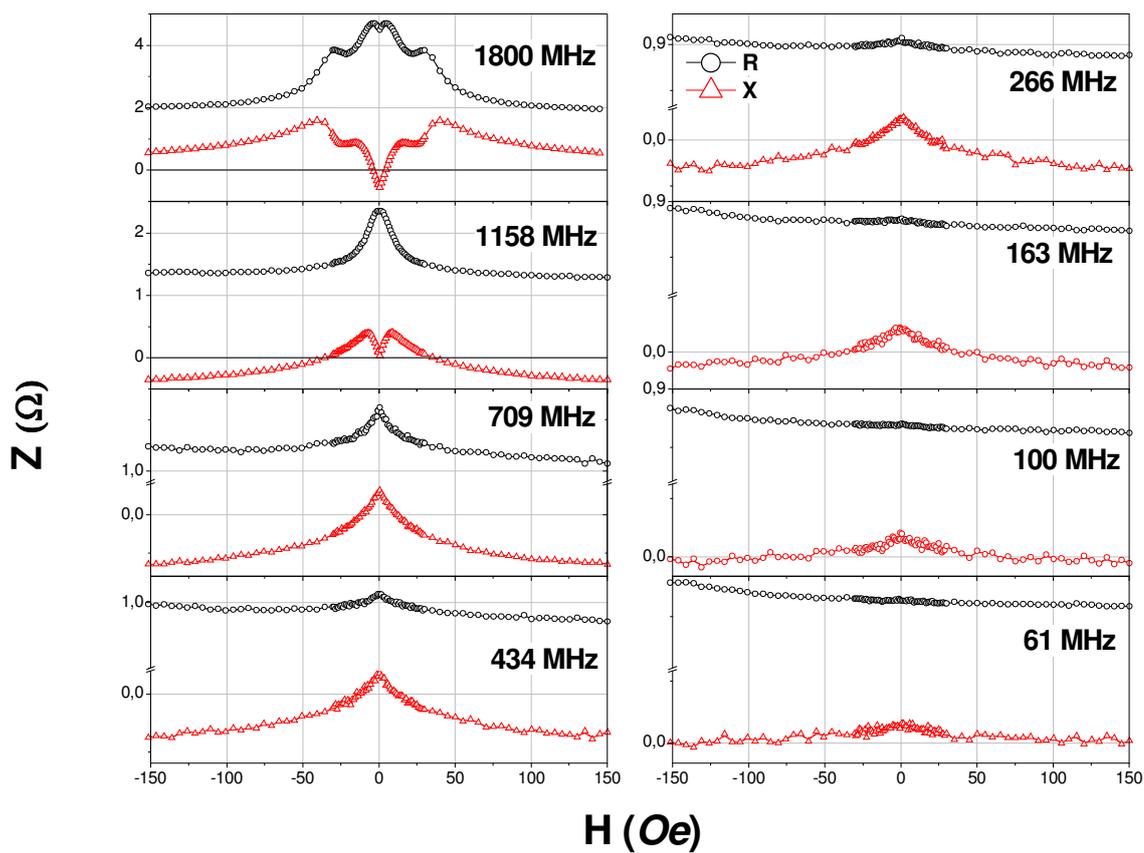


Figura 4-63. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{x70}$ com corte transversal.

Nas próximas figuras serão apresentados os resultados para as amostras com 100\AA de Py separadas por 25\AA de Ag repetidas 100 vezes. Essa série de amostras foi a que apresentou o melhor resultado em relação à razão MI. Nas três próximas figuras serão mostrados os resultados para as amostras com corte longitudinal.

Na Figura 4-64 dá para perceber que a estrutura apresentada é de picos duplos bem definidos para todas as frequências estudadas. Na frequência de 1.8GHz pode-se perceber que uma estrutura de picos quádruplos parece estar se formando. A razão MI para essa amostra com corte longitudinal aumentou, pois consegue chegar a 130% na frequência de 1.1GHz.

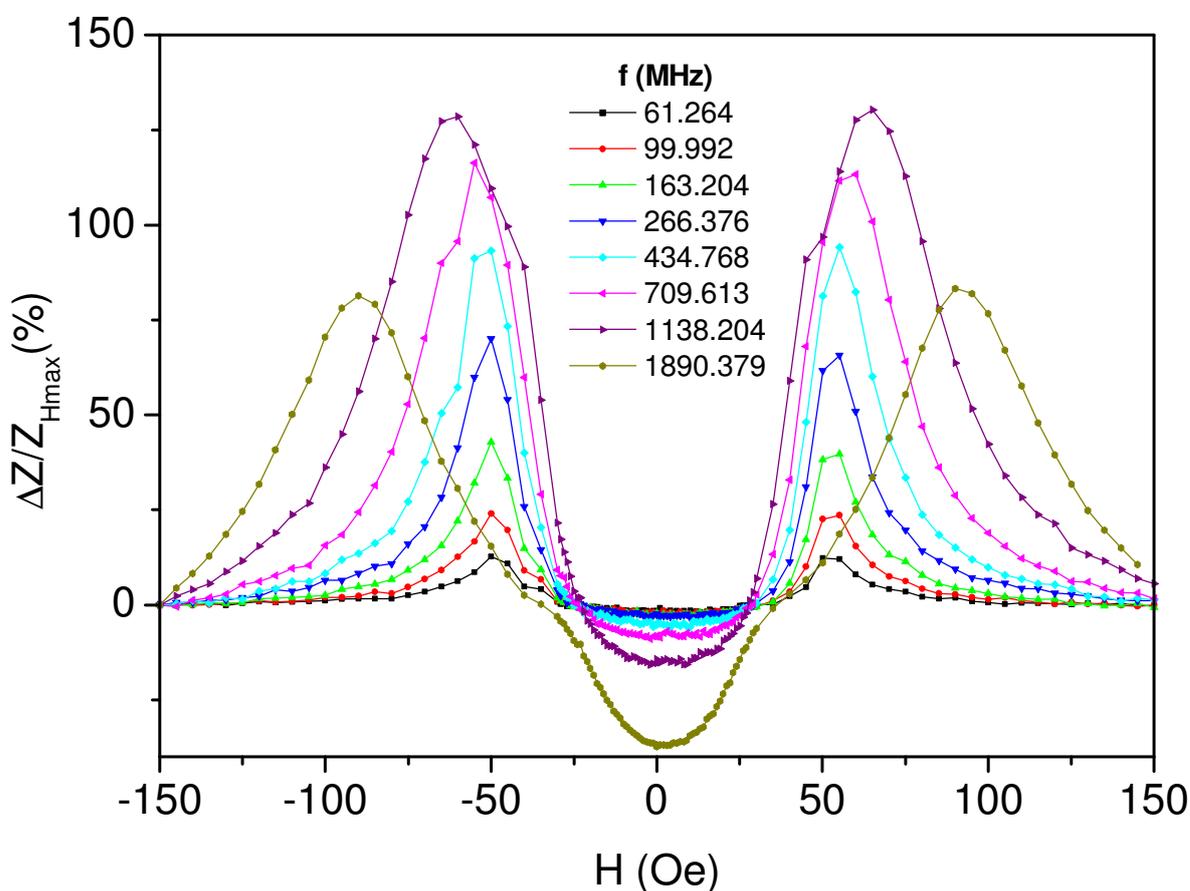


Figura 4-64. Curvas de MI x H para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 100}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-65, a intensidade e a evolução da estrutura de picos duplos podem ser percebidas através do mapa de cores. Uma estrutura na forma de W parece estar formada para a relação de dispersão.

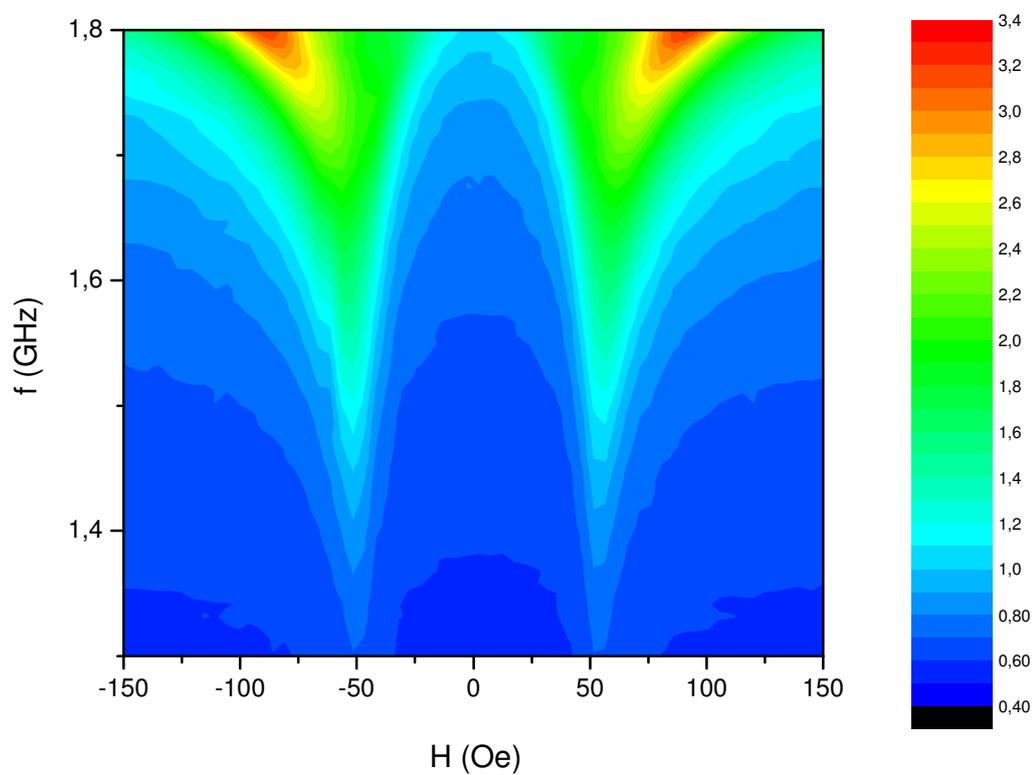


Figura 4-65. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})] \times 100$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-66 estão mostradas as partes resistivas e reativas da impedância Z versus o campo magnético aplicado H para as várias frequências mostradas anteriormente. Através dessas curvas pode-se ter um indício de formação de uma estrutura de múltiplos picos, mais precisamente de picos quádruplos, pois para as duas frequências mais altas temos a coincidência do valor máximo da resistência com o valor mínimo da reatância, fato que define uma ressonância ferromagnética e possivelmente um pico nas curvas da razão $MI \times H$.

Como se pode perceber anteriormente nas curvas de $MI \times H$, o campo magnético aplicado não foi suficiente para saturar magneticamente a amostra. Isso, faz com que essa estrutura de múltiplos picos possa ficar mascarada.

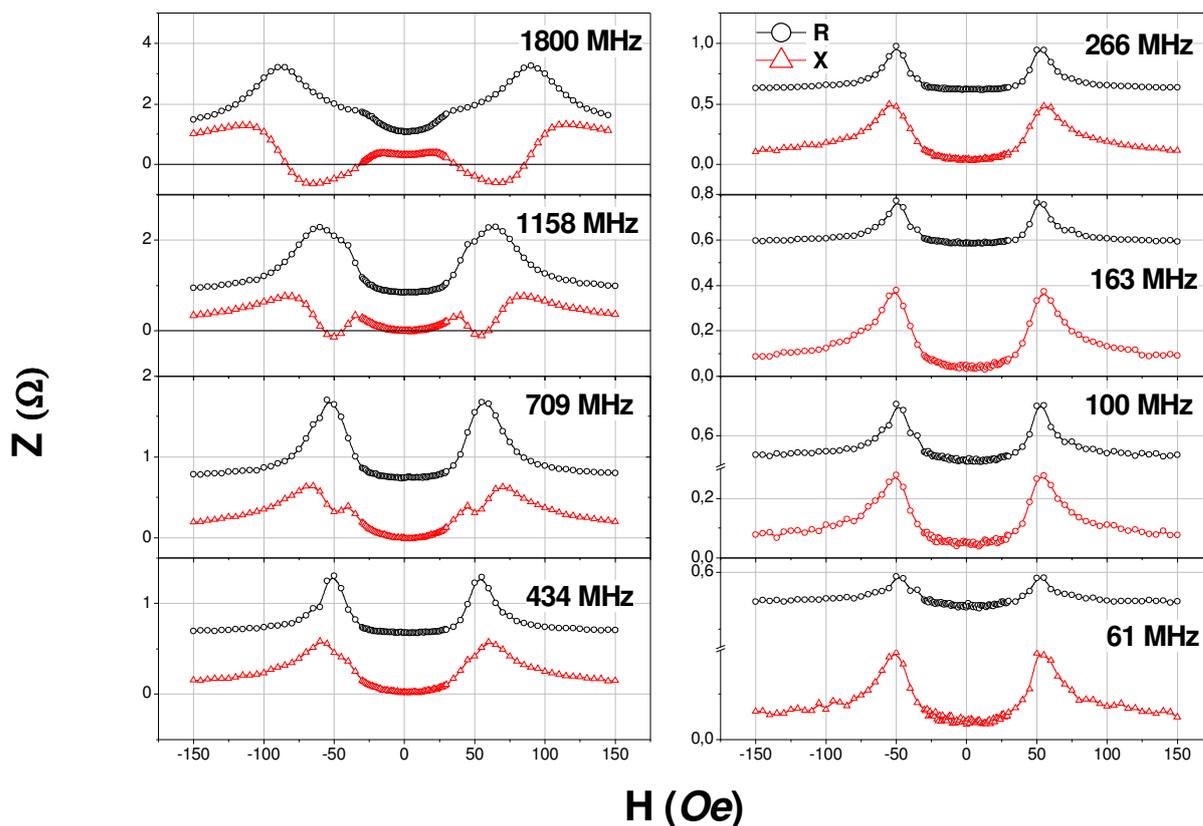


Figura 4-66. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})] \times 100$ com corte longitudinal.

Nas próximas três figuras as curvas referentes às amostras com corte transversal serão mostradas. Na Figura 4-67 pode-se ver que essa amostra apresentou uma estrutura de pico único e bem definido, além de apresentar um excelente resultado da razão MI, pois chegou a 240% na frequência de 1.8GHz, se mostrando um material com grande potencial para aplicação tecnológica relacionada ao efeito MI.

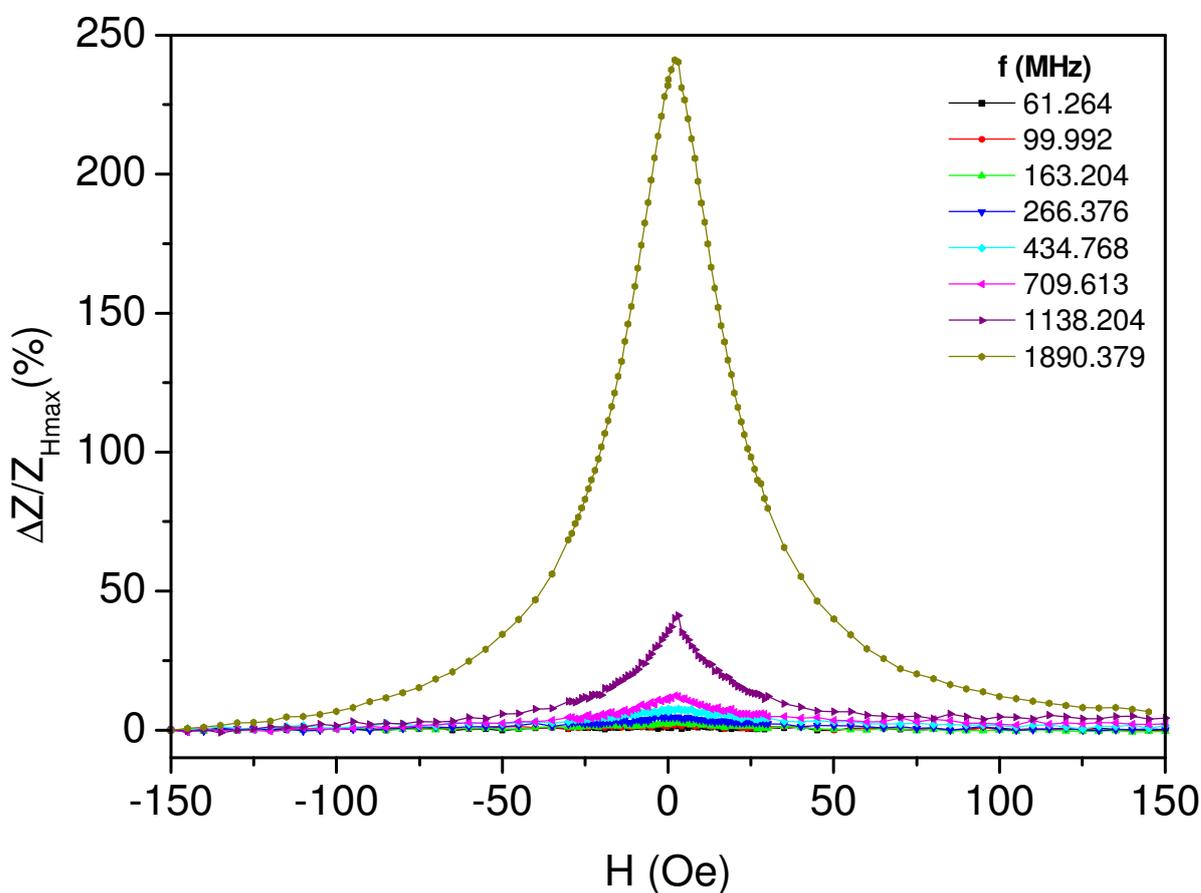


Figura 4-67. Curvas de MI x H para a amostra $[Py(100\text{\AA})/Ag(25\text{\AA})]_{x100}$ com corte transversal.

Na Figura 4-68 pode-se observar através do mapa de cores que a estrutura de pico único é bem definida e aumenta sua intensidade drasticamente para a frequência de 1.8GHz. Esse mapa mostra uma estrutura possivelmente em V para a relação de dispersão.

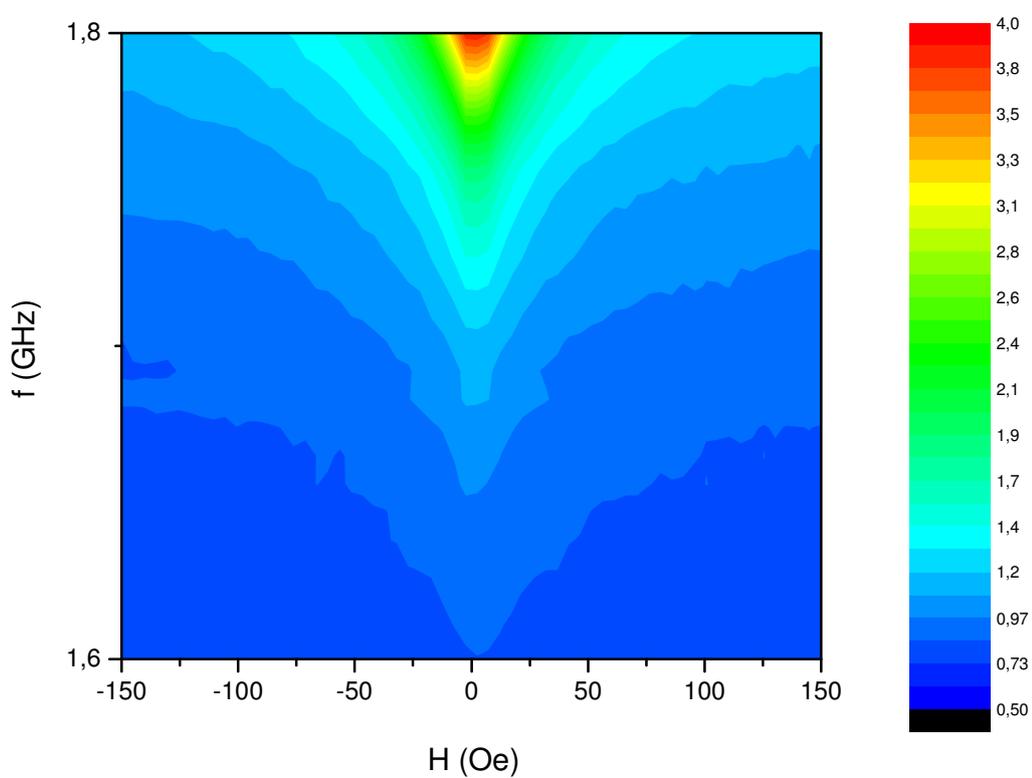


Figura 4-68. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})]_{\times 100}$ com corte transversal.

Na Figura 4-69 fica claro o grande aumento na resistência da amostra na medida feita na frequência de 1.8GHz. Também se pode perceber para essa mesma frequência que o valor máximo de resistência coincide com o valor mínimo de reatância e que uma possível evolução para uma estrutura de picos duplos está começando a acontecer na frequência de 1.8GHz.

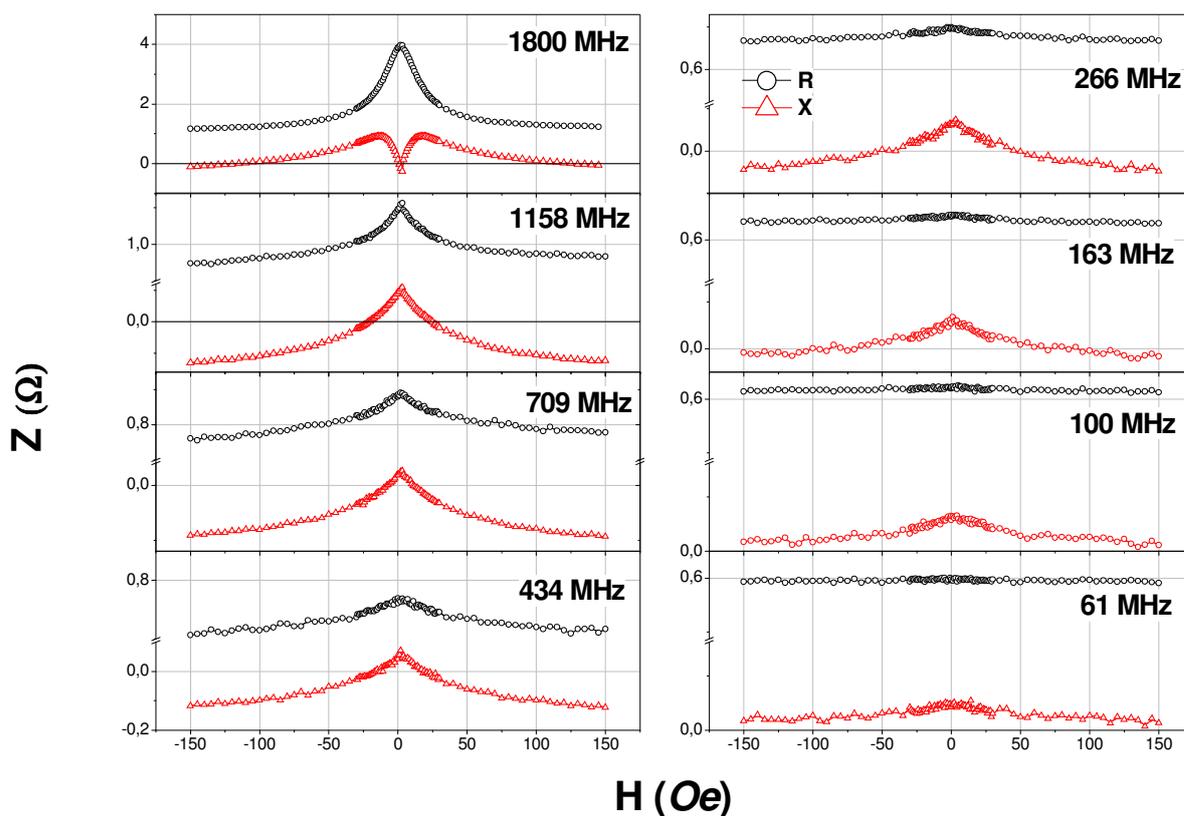


Figura 4-69. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})] \times 100$ com corte transversal.

Na Figura 4-70 são mostrados os gráficos de $MI_{\text{max}} \times f$ para a amostra de $\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Ag}(25\text{\AA})$ com 15, 30, 50, 70 e 100 bicamadas. Nas amostras com 15, 30 e 50 bicamadas a evolução dos valores de MI_{max} é muito semelhante para ambos os cortes L e T, onde nas amostras com corte longitudinal os valores de MI_{max} vão aumentando lentamente até um valor máximo na frequência de 1.1GHz e tem uma tendência de queda para as frequências

mais altas, enquanto que para o corte transversal a razão MI_{\max} quase não sofre aumento até a frequência de 1.1GHz, mas dá um salto considerável nas frequências maiores. Nas amostras com 70 e 100 bicamadas o comportamento da razão MI máxima nas amostras com corte transversal foi praticamente o mesmo das amostras com menos bicamadas, porém nas amostras com corte longitudinal notou-se uma taxa de aumento maior de MI_{\max} nas frequências mais baixas, mas com o mesmo comportamento anterior do maior valor na frequência de 1.1GHz e depois uma queda para as frequências mais altas. O máximo da razão MI desta série, de aproximadamente 240%, ocorreu na amostra com 100 bicamadas e corte transversal.

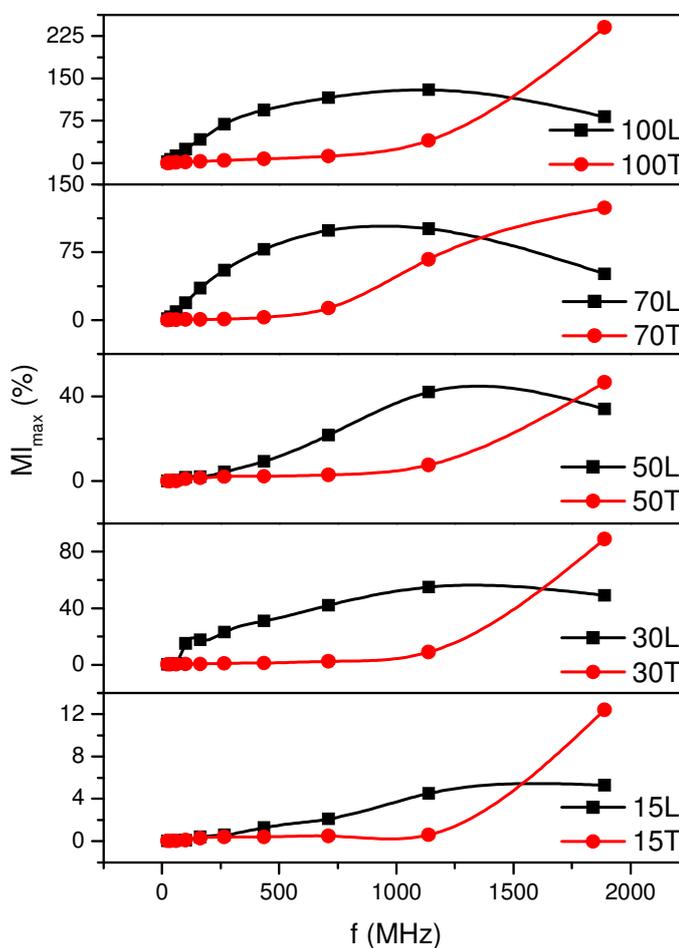


Figura 4-70. Gráficos da razão MI máxima versus frequência para a série de amostras Py(100Å)/Ag(25Å) com 15, 30, 50, 70 e 100 bicamadas, onde L e T referem-se aos cortes longitudinal e transversal respectivamente.

Nas próximas quatro figuras as curvas de MI x H para amostras com uma espessura maior do espaçador de prata serão apresentadas. Na Figura 4-71 e na Figura 4-72, as amostras são compostas de 100Å de Py separadas por 100Å de Ag $\left(\frac{\tau_{Py}}{\tau_{Ag}} = 1\right)$ repetidas 15 vezes. Na Figura 4-71, a amostra foi cortada longitudinal e apresentou uma estrutura de pico único para as frequências mais baixas, até uns 300MHz, e uma estrutura de picos duplos para as frequências acima dessa. A razão MI foi relativamente baixa, em torno de 9% na frequência de 1.1GHz.

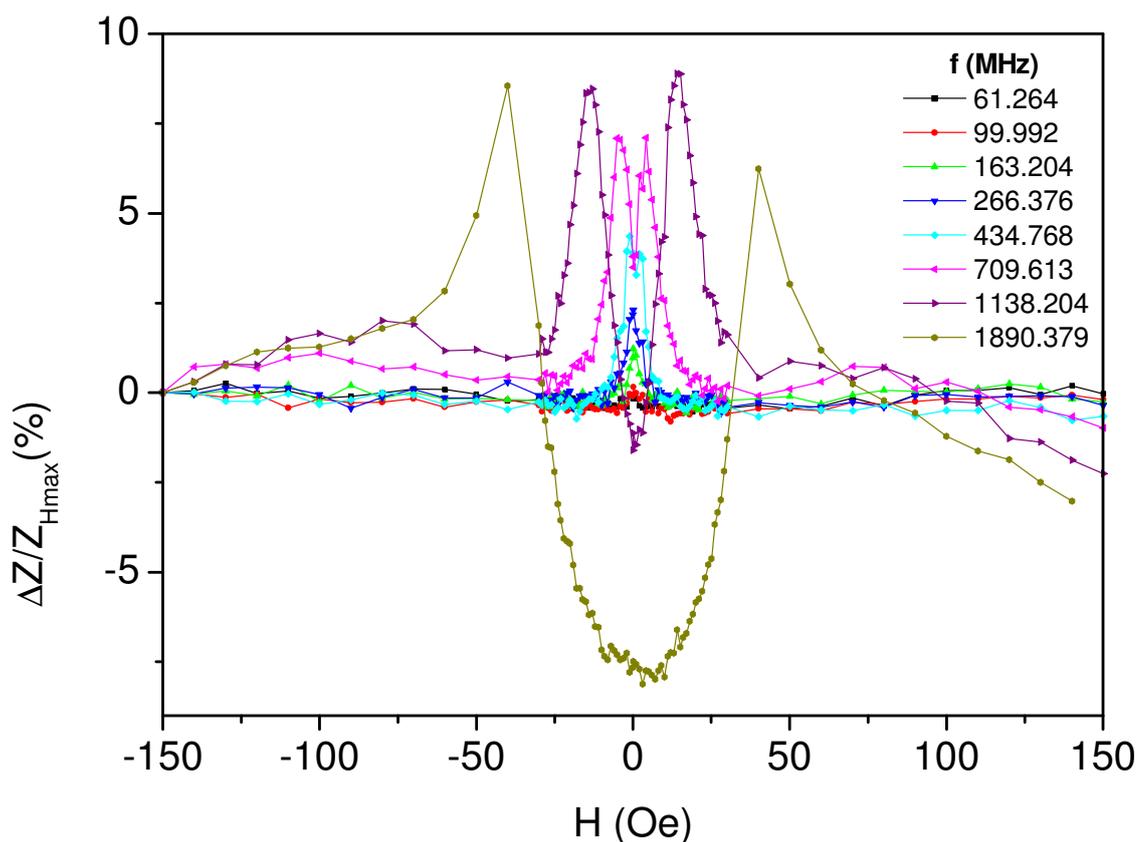


Figura 4-71. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Ag(100Å)]x15 com corte longitudinal.

Na Figura 4-72, na amostra com corte transversal, as curvas de MI mostram uma estrutura de picos duplos para todas as frequências apresentadas. A razão MI subiu um pouco em relação à amostra com corte longitudinal, ficando em torno de 15% na frequência de 1.8GHz. Tanto na Figura 4-71 quanto na Figura 4-72, no lado direito dos gráficos, campos magnéticos positivos, houve uma pequena queda na razão MI para valores negativos. Isso ocorreu por causa de um aquecimento na bobina que aplicava o campo magnético, apesar de mudar um pouco a curva, não atrapalhou a análise da razão MI para essas amostras.

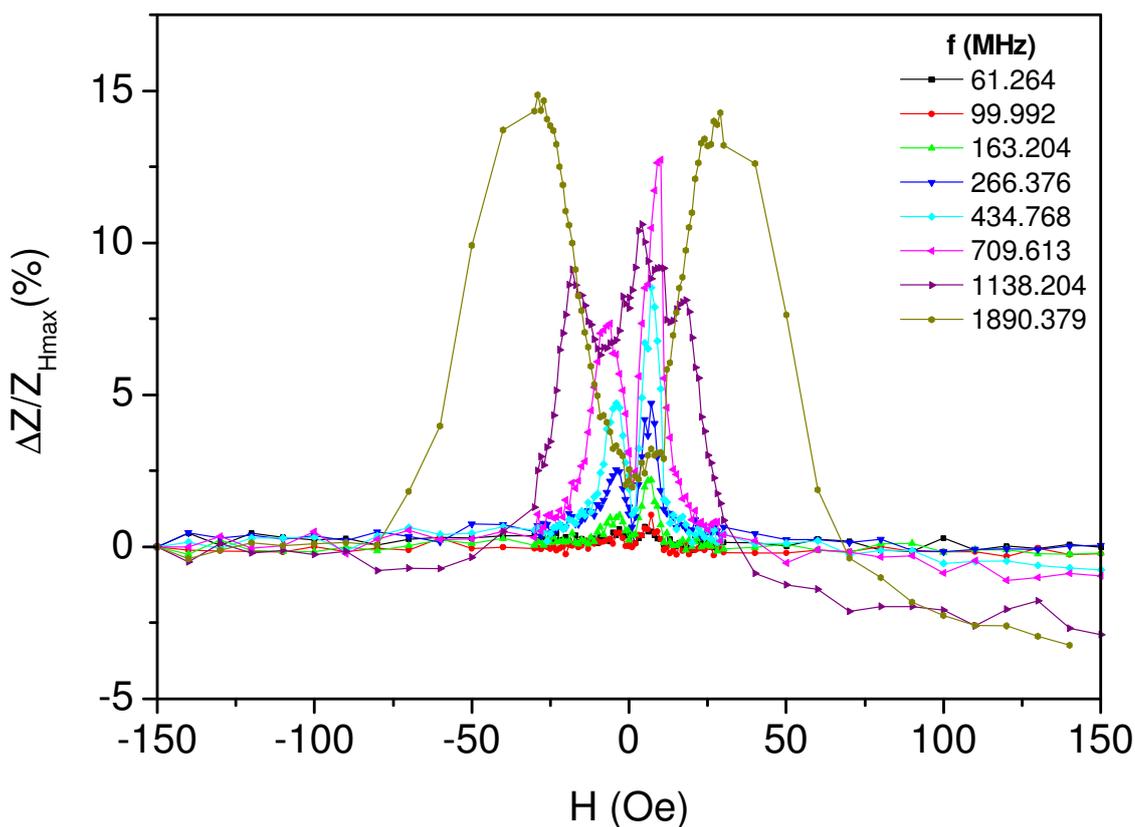


Figura 4-72. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Ag(100Å)]x15 com corte transversal.

Nas próximas duas figuras a razão entre as espessuras continua sendo a mesma das duas anteriores, ou seja, $\frac{\tau_{Py}}{\tau_{Ag}} = 1$ porém com 100 repetições. Na Figura 4-73 as curvas de MI não ficaram muito nítidas e de fácil percepção. Isso se deve ao alto campo de anisotropia dessa amostras, pois não conseguimos aplicar campos maiores o suficiente para saturá-las magneticamente. Assim, só podemos dizer que elas parecem apresentar uma estrutura de picos duplos para as frequências mais altas, acima de 200MHz, e uma estrutura de pico único para as frequências menores. Como não conseguimos saturar magneticamente a amostra, não podemos fazer a análise com relação à razão MI, portanto, não podemos afirmar nenhum valor percentual da MI para essa amostra.

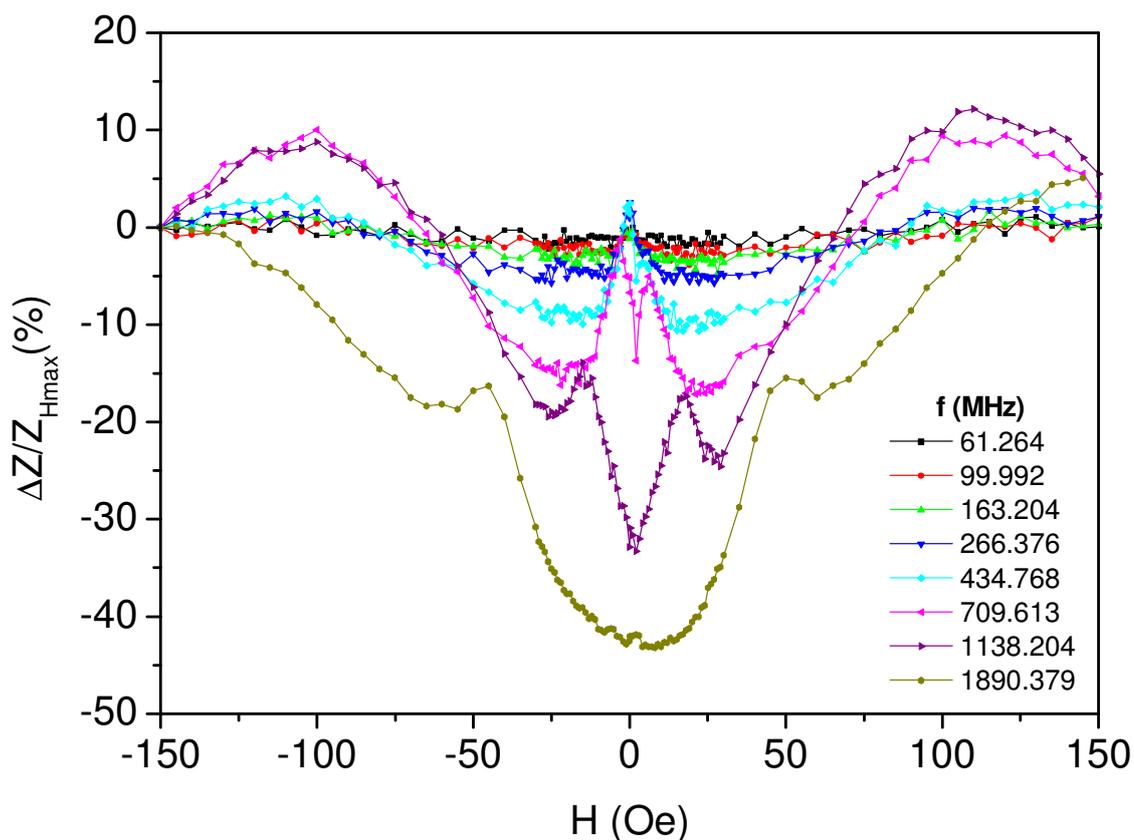


Figura 4-73. Curvas de MI x H para a amostra $[Py(100\text{\AA})/Ag(100\text{\AA})]_{x100}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-74 onde o corte é transversal, portanto, na direção do eixo fácil para a magnetização, conseguimos saturá-la magneticamente para quase todas as frequências e já podemos fazer uma análise melhor. Nas curvas de MI para essa amostra, podemos notar que ela tem uma estrutura de pico duplo para todos os valores de frequências apresentadas, exceto para as duas últimas, as de 1.1 e 1.8GHz, as quais apresentam uma estrutura um pouco diferente. Na frequência de 1.1GHz, aparece uma estrutura com um pico do lado esquerdo e dois picos do lado direito todos bem definidos e mais um pico menos definido do lado esquerdo, aparentando ser uma estrutura com quatro picos. Na frequência de 1.8GHz, aparece uma estrutura semelhante, porém com dois picos laterais bem definidos mas pouco intensos e dois centrais, os quais são mais arredondados e quase unidos. Ainda para essa, observamos a maior razão MI que ficou em torno dos 80%.

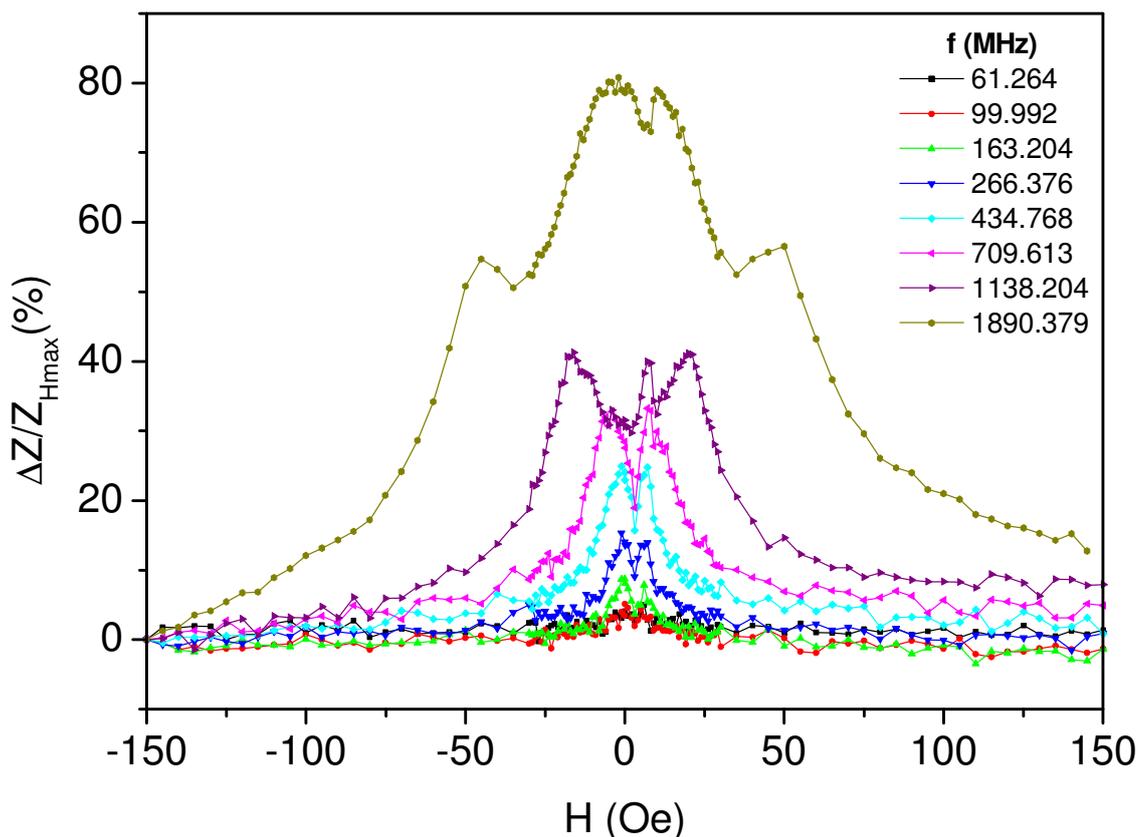


Figura 4-74. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Ag(100Å)]x100 com corte transversal.

Na Figura 4-75 temos os gráficos de MI_{\max} x f para a amostra $Py(100\text{\AA})/Ag(100\text{\AA})$, onde podemos observar que o comportamento é semelhante para as amostras com 15 e 100 bicamadas. Nas amostras com corte longitudinal houve um aumento praticamente linear até as frequências de 200MHz e acima dessa frequência tem-se um aumento com taxa menor e com valor máximo na frequência de 1.1GHz. Nas frequências maiores a razão MI máxima começa a diminuir. Nas amostras com corte transversal observa-se um aumento praticamente linear nas frequências até 500MHz. Na faixa de frequências entre 500MHz e 1.1GHz a taxa de aumento é menor, mas para as frequências mais altas há um novo aumento na taxa, chegando a aproximadamente 80% na amostra com 100 bicamadas na frequência de 1.8GHz.

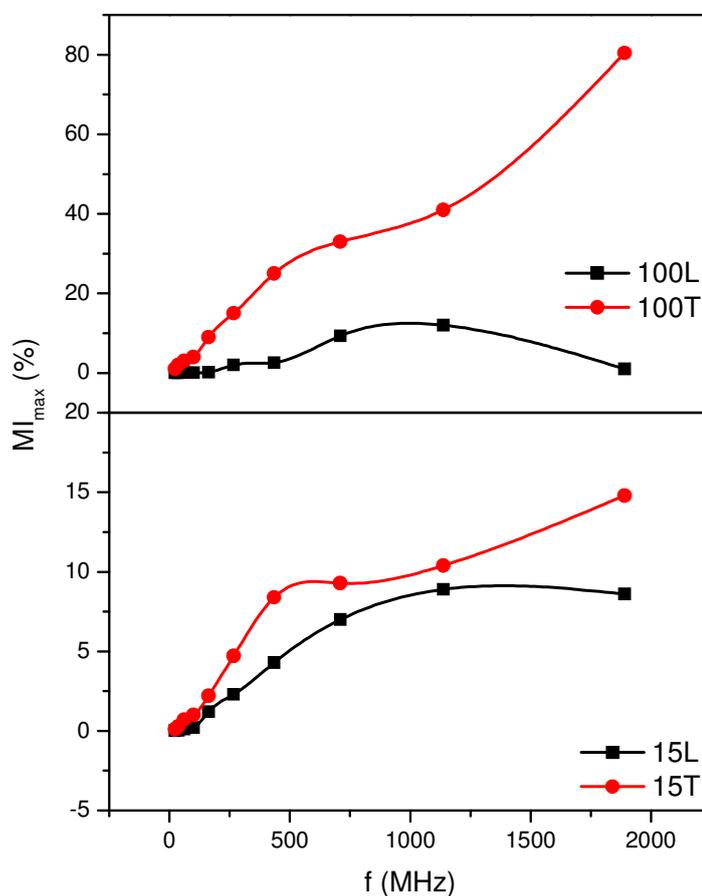


Figura 4-75. Gráficos da razão MI máxima versus frequência para a série de amostras $Py(100\text{\AA})/Ag(100\text{\AA})$ com 15 e 100 bicamadas, onde L e T referem-se aos cortes longitudinal e transversal respectivamente.

Nas próximas dezoito figuras serão mostradas as curvas de MI x H, os mapas de cores e as relações de dispersão para amostras com 200Å de Py separadas por 14Å de Ag $\left(\frac{\tau_{Py}}{\tau_{Ag}} = \frac{100}{7}\right)$ com 15, 50 e 100 bicamadas, respectivamente. Somente com o aumento da espessura da camada magnética de Py, já pode ser percebido que o sinal medido fica mais intenso e sem ruído. Na Figura 4-76 estão mostrados os resultados para uma amostra com 15 bicamadas e corte transversal. Essa amostra apresentou uma estrutura bem definida de picos duplos para todas as frequências mostradas. A maior razão MI ocorreu na frequência de 1.8GHz, essa razão ficou em torno dos 28%.

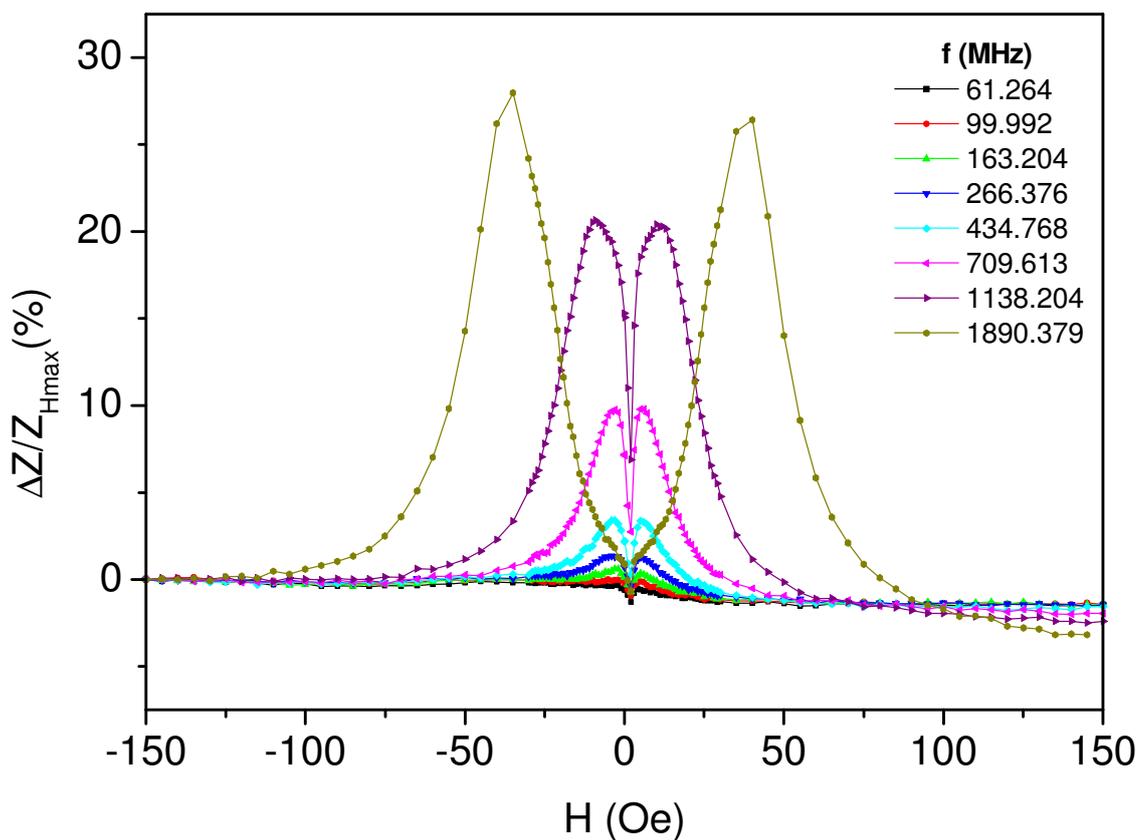


Figura 4-76. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(14Å)]x15 com corte longitudinal.

Na Figura 4-77 o mapa de cores mostra uma estrutura em W para a relação de dispersão. Essa estrutura pode ser comprovada na Figura 4-78, onde é mostrada a relação de dispersão experimental para a mesma amostra.

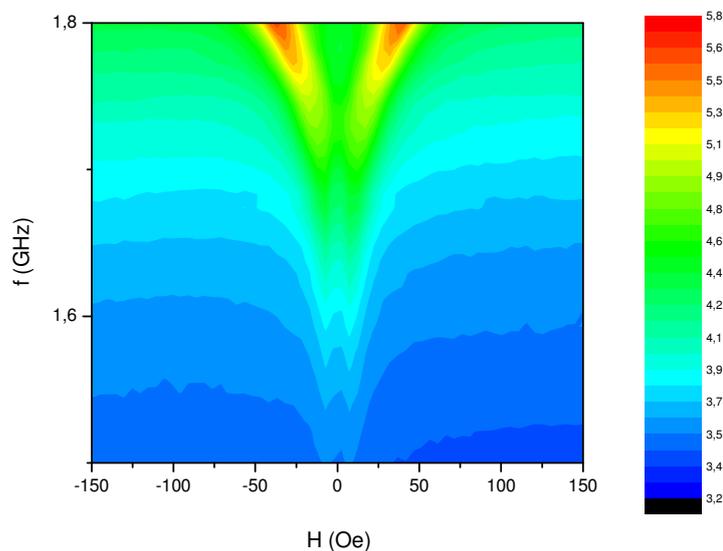


Figura 4-77. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{15}$ com corte longitudinal.

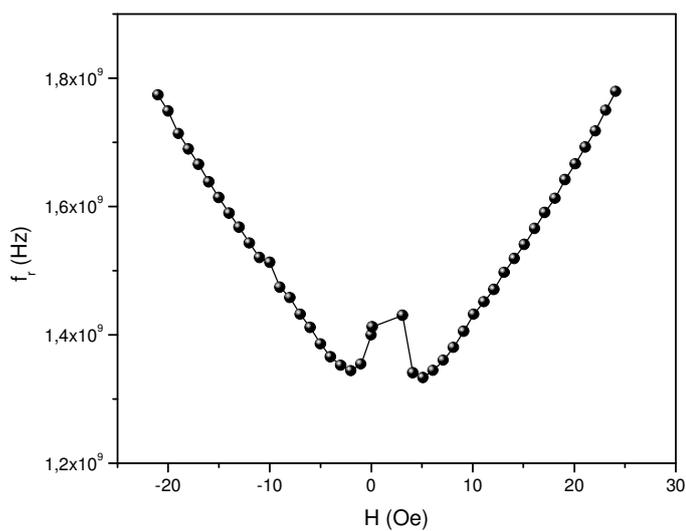


Figura 4-78. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{15}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-79, para a amostra com corte transversal, observou-se uma estrutura de picos duplos para todas as frequências mostradas, porém menos pronunciados nas frequências de até 1.1GHz. Esses picos ficam mais definidos e agudos na frequência de 1.8GHz, na qual acontece a maior razão MI em torno de 46%.

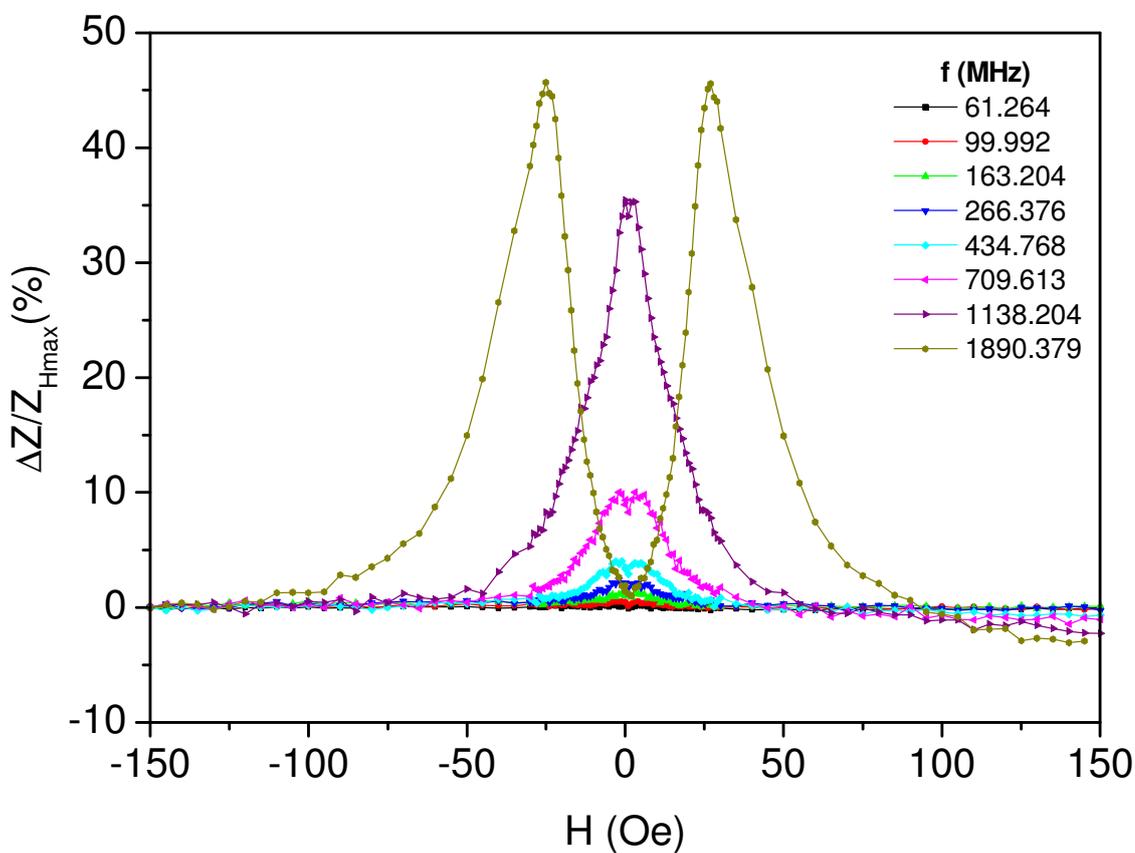


Figura 4-79. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(14Å)]x15 com corte transversal.

Na Figura 4-80 o mapa de cores mostra uma estrutura em V para a relação de dispersão, a qual é confirmada na Figura 4-81 da relação de dispersão experimental.

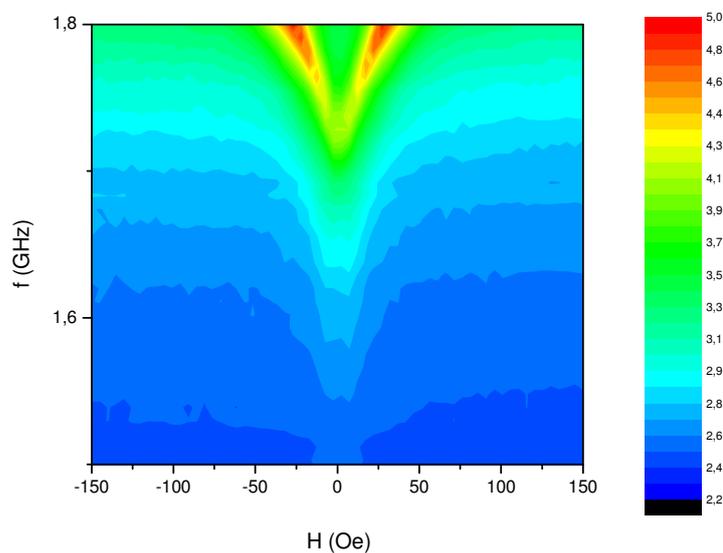


Figura 4-80. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte transversal.

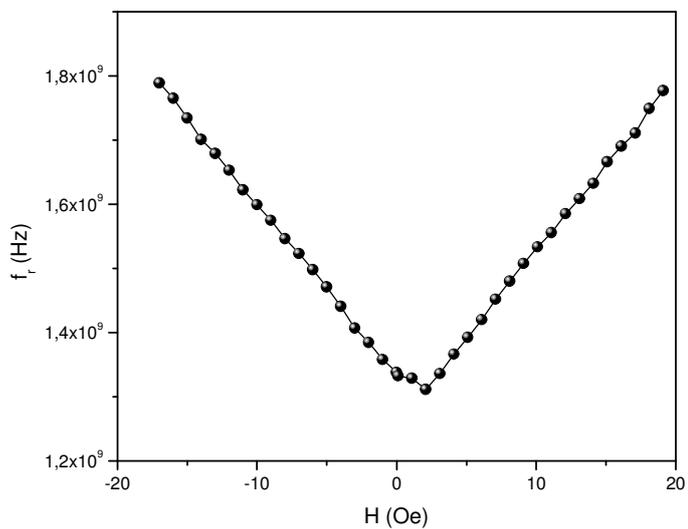


Figura 4-81. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte transversal.

Nas próximas duas figuras estão mostradas as curvas para as amostras com mesma composição anterior $\left(\frac{\tau_{Py}}{\tau_{Ag}} = \frac{100}{7}\right)$, mas agora com 50 bicamadas. Na Figura 4-82 as curvas de MI para a amostra com corte longitudinal são mostradas. Essas curvas apresentaram uma estrutura de picos duplos para todas as frequências escolhidas, mas com um detalhe, esses picos não são muito bem pronunciados nas frequências mais baixas, mas vão gradativamente se pronunciando melhor para as frequências mais altas. A razão MI encontrada para essa amostra foi muito boa, em torno de 145% na frequência de 1.1GHz.

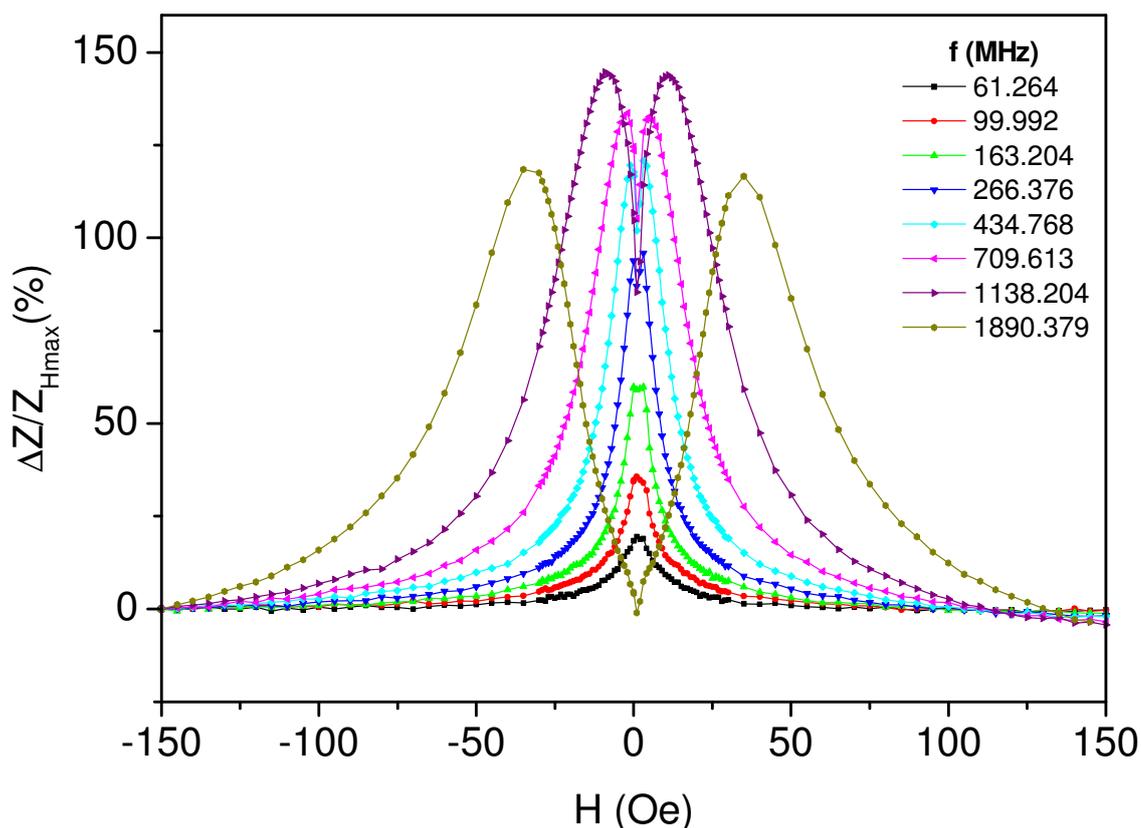


Figura 4-82. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(14Å)]x50 com corte longitudinal.

Na Figura 4-83 o mapa de cores apresenta uma estrutura que parece estar mudando de V para W. Na Figura 4-84 essa hipótese é confirmada com a relação de dispersão experimental para essa amostra.

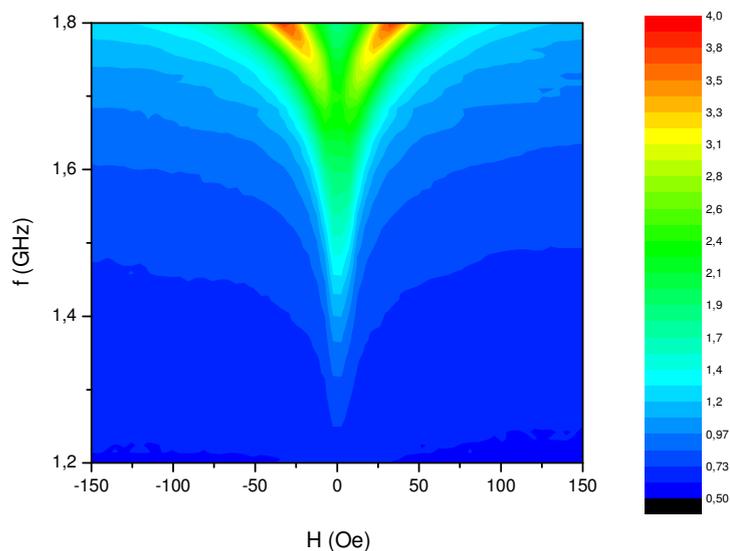


Figura 4-83. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte longitudinal.

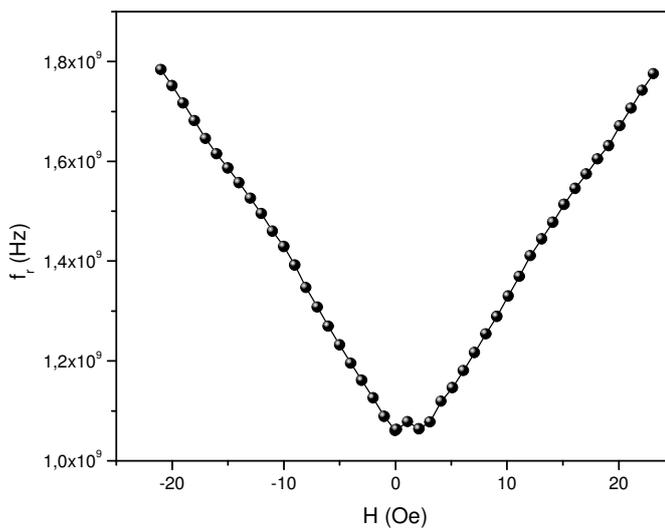


Figura 4-84. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-85 são mostradas as curvas de MI para a amostra com corte transversal, a qual apresentou uma razão MI maior ainda do que a mesma amostra com corte longitudinal, chegando a 176% na frequência de 1.1GHz. A estrutura apresentada por essa amostra foi de pico único até frequências da ordem de 500MHz e de picos duplos para as frequências mais elevadas.

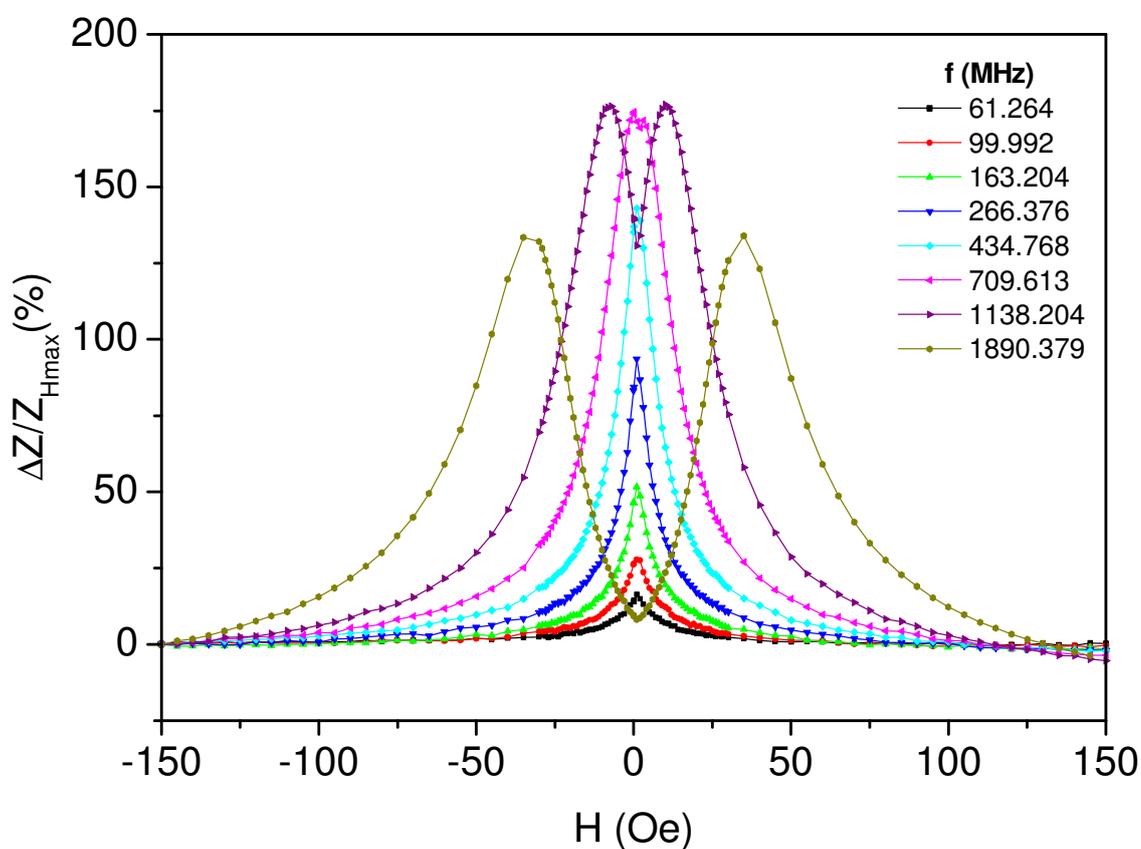


Figura 4-85. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(14Å)]x50 com corte transversal.

Na Figura 4-86 o mapa de cores apresenta uma estrutura na forma de V para a relação de dispersão. Essa mesma estrutura aparece na Figura 4-87 da relação de dispersão experimental.

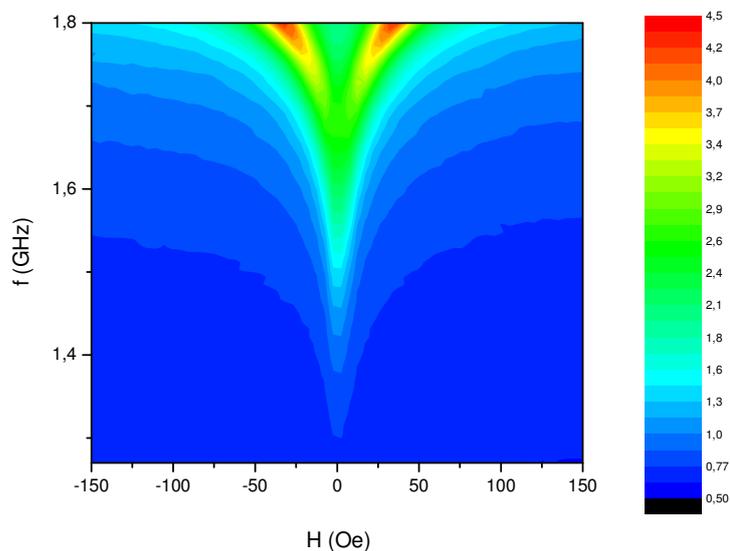


Figura 4-86. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte transversal.

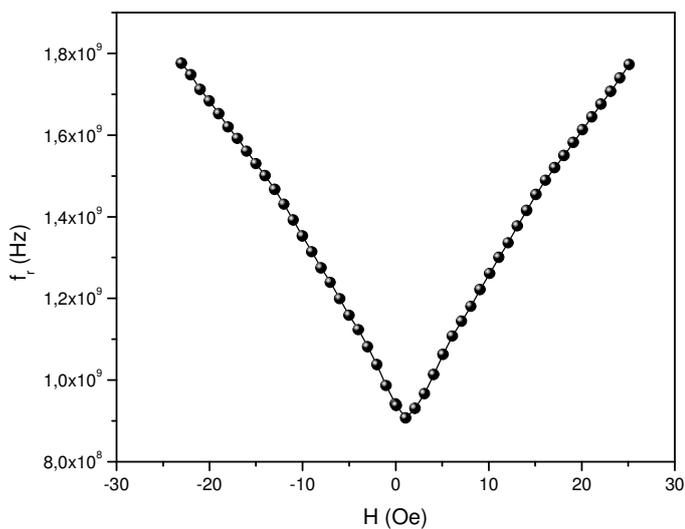


Figura 4-87. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte transversal.

Nas próximas seis figuras serão apresentados os resultados para as amostras com a mesma composição anterior $\left(\frac{\tau_{Py}}{\tau_{Ag}} = \frac{100}{7}\right)$, porém com 100 bicamadas. Na Figura 4-88 uma estrutura de picos duplos é observada para todas as frequências apresentadas. Os picos são pouco definidos nas frequências mais baixas, mas ficam bem definidos nas duas frequências mais altas, onde aparece a maior razão MI na frequência de 709MHz com um valor muito bom, em torno de 188%.

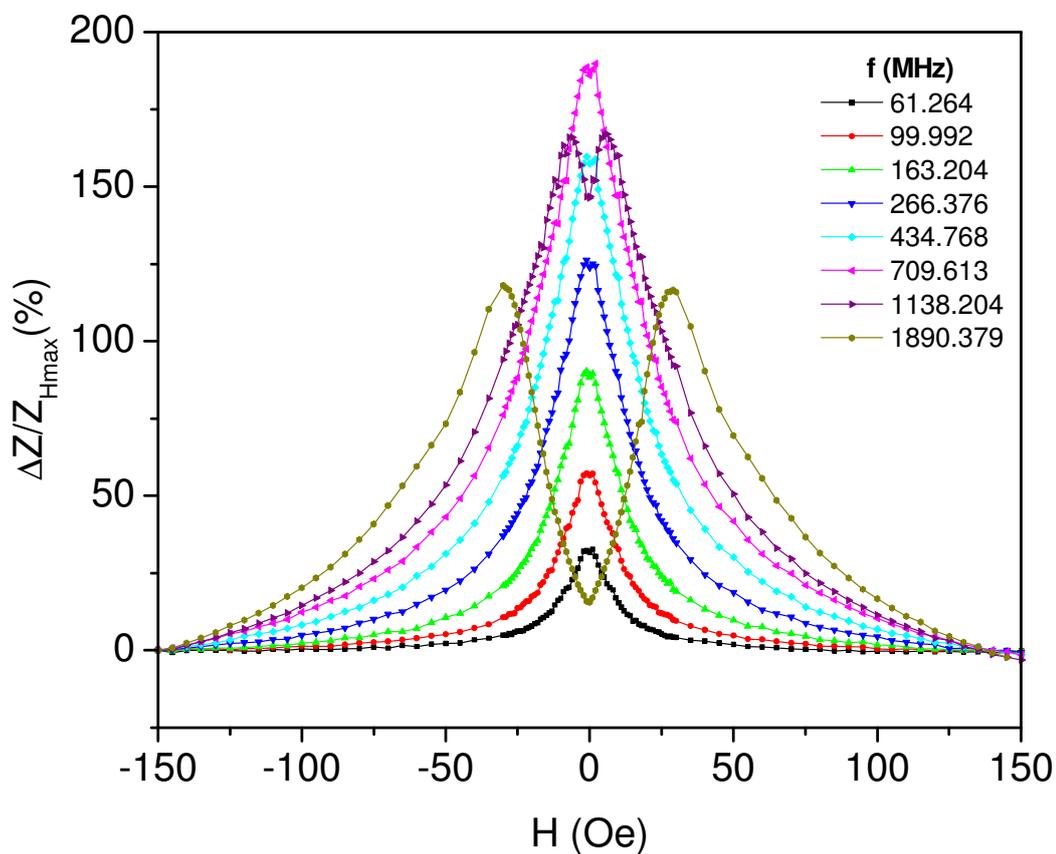


Figura 4-88. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(14Å)]x100 com corte longitudinal.

Na Figura 4-89 o mapa de cores mostra uma estrutura em forma de V, a qual é confirmada na Figura 4-90 com a relação de dispersão experimental.

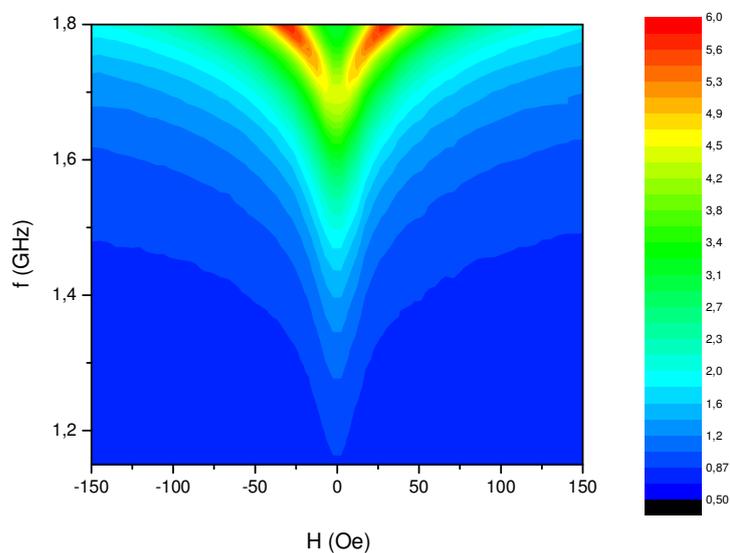


Figura 4-89. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})] \times 100$ com corte longitudinal.

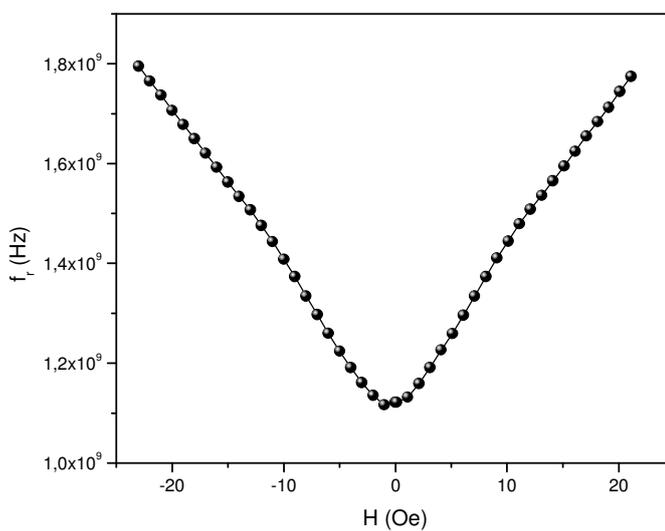


Figura 4-90. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})] \times 100$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-91 a amostra com corte transversal mostrou uma razão MI melhor ainda que a com corte longitudinal. Essa razão ficou em torno de 200% também na frequência de 709MHz. Uma estrutura de picos duplos foi observada para todas as frequências apresentadas. Novamente com os picos menos pronunciados nas frequências mais altas e mais pronunciados nas frequências mais altas.

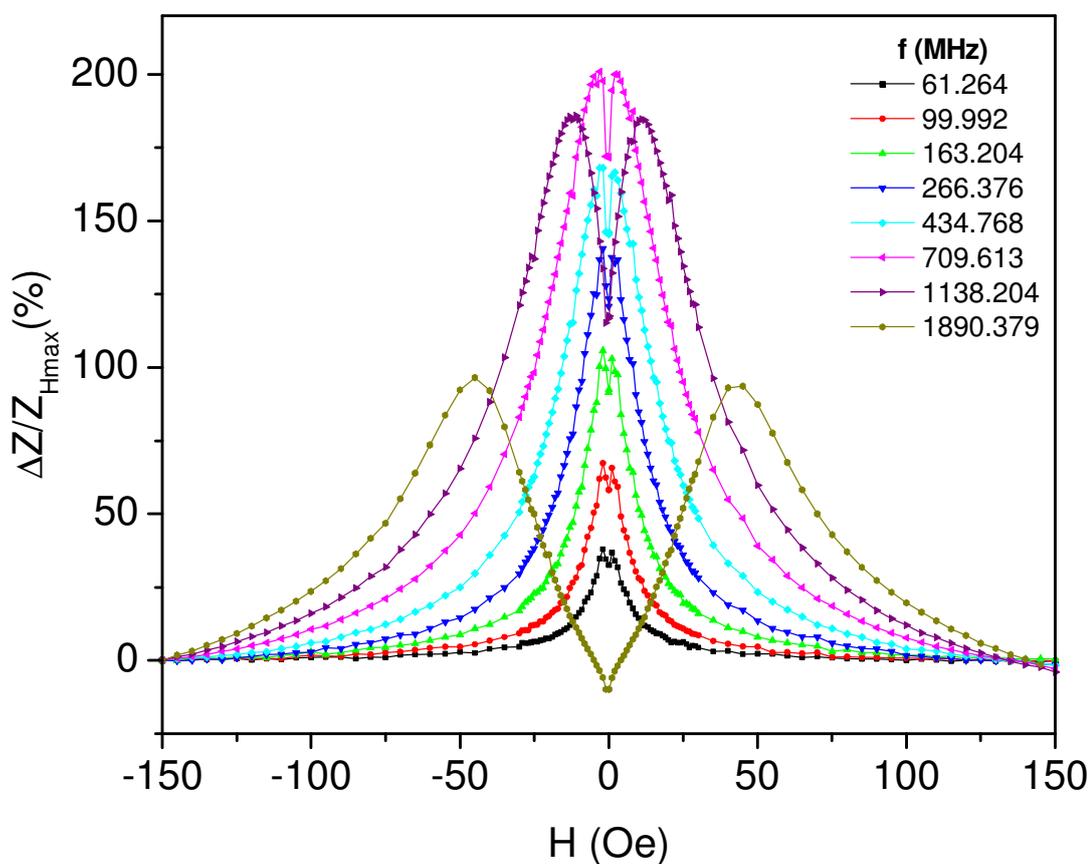


Figura 4-91. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(14Å)]x100 com corte transversal.

Na Figura 4-92 o mapa de cores mostra uma estrutura em V que parece estar de transformando em W. Na Figura 4-93 a relação de dispersão experimental mostra uma estrutura em W não muito pronunciada.

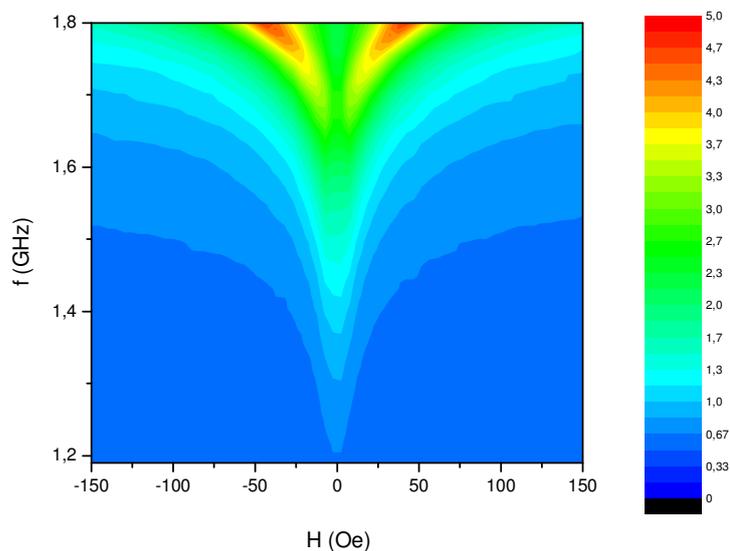


Figura 4-92. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{\times 100}$ com corte transversal.

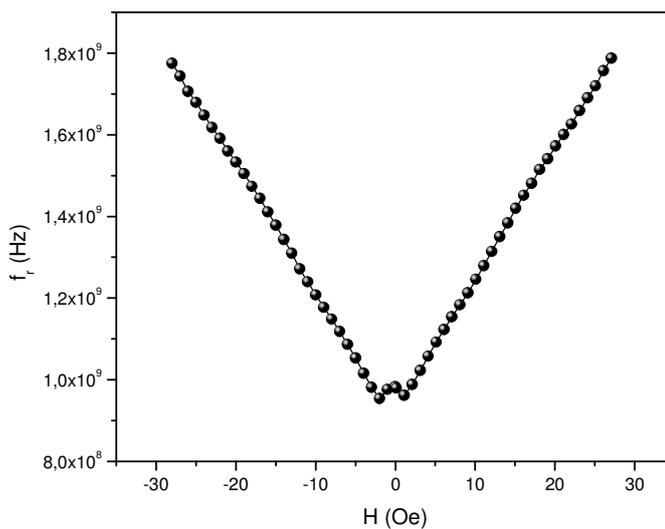


Figura 4-93. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(14\text{\AA})]_{\times 100}$ com corte transversal.

Na Figura 4-94 são mostrados os gráficos de MI_{\max} x f para a amostra Py(200Å)/Ag(14Å) com 15, 50 e 100 bicamadas. Na amostra com 15 bicamadas e corte longitudinal houve um aumento praticamente linear da razão MI máxima até a frequência de aproximadamente 700MHz e acima houve um aumento praticamente quadrático. Esse comportamento é muito semelhante ao das amostras com corte transversal, porém esse atingiu valores maiores na frequência de 1.8GHz, em torno de 45%. Na amostra com 50 bicamadas e corte longitudinal observou-se que houve um comportamento praticamente quadrático até a frequência de 200MHz e acima dessa frequência houve uma queda linear no valor de MI_{\max} . Já nas amostras com 50 bicamadas corte transversal e nas com 100 bicamadas cortes longitudinal e transversal o comportamento foi muito semelhante, ou seja, um aumento linear até a frequência de 200MHz e acima um comportamento praticamente quadrático atingindo um valor máximo de MI em torno da frequência de 700MHz (200% na amostra com 100 bicamadas e corte transversal) e logo após uma queda praticamente linear até 1.8GHz.

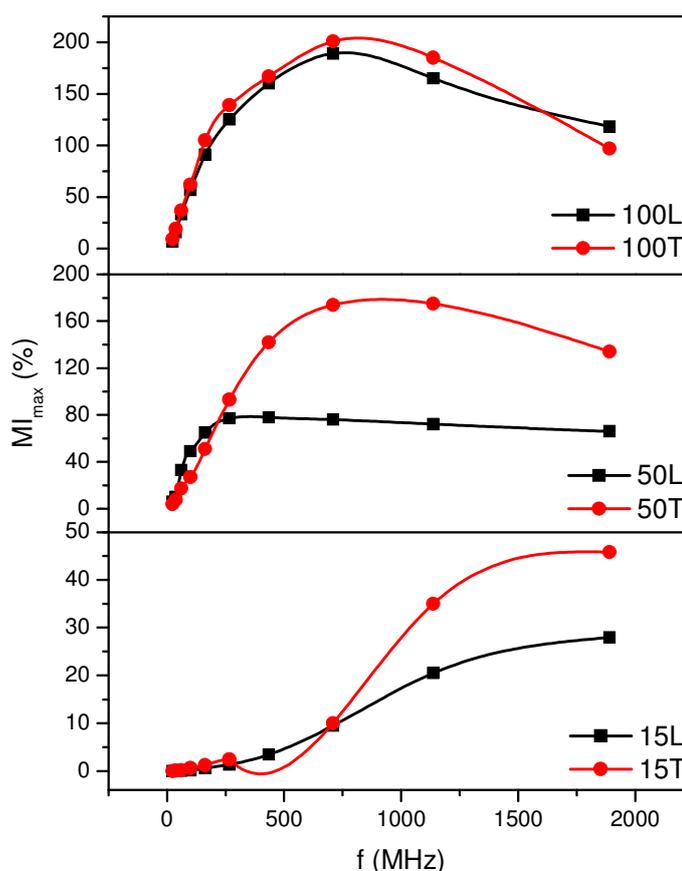


Figura 4-94. Gráficos da razão MI máxima versus frequência para a série de amostras Py(200Å)/Ag(14Å) com 15, 50 e 100 bicamadas, onde L e T referem-se aos cortes longitudinal e transversal respectivamente.

Nas próximas quatro figuras serão apresentados os resultados de MI para as amostras com 200Å de Py separadas por 50Å de Ag com 15 e 100 bicamadas, as quais também têm a razão 4 entre as espessuras de Py e Ag $\left(\frac{\tau_{Py}}{\tau_{Ag}} = 4\right)$. Na Figura 4-95 temos as curvas de MI x H para a amostra com corte longitudinal. Essa amostra apresentou uma estrutura de picos duplos para todas as frequências apresentadas, onde esses picos são mais arredondados e menos definidos para as frequências mais baixas e mais agudos e definidos nas frequências mais altas, acima de 1GHz. A razão máxima de MI ocorreu na frequência de 1.1GHz e teve seu valor em torno de 56%. Na frequência de 709MHz, uma ondulação maior nos picos é observada, chegando a indicar uma possível formação de mais dois picos, os quais dariam uma estrutura de picos quádruplos. Mas essa estrutura não ficou bem definida e não podemos afirmar que essa amostra se comporta igual àquela da Figura 4-40 (de mesma razão), porém com metade das espessuras de cada material. Mesmo sem poder afirmar, podemos dizer que há um indício de formação de uma estrutura de picos quádruplos na frequência de 709MHz.

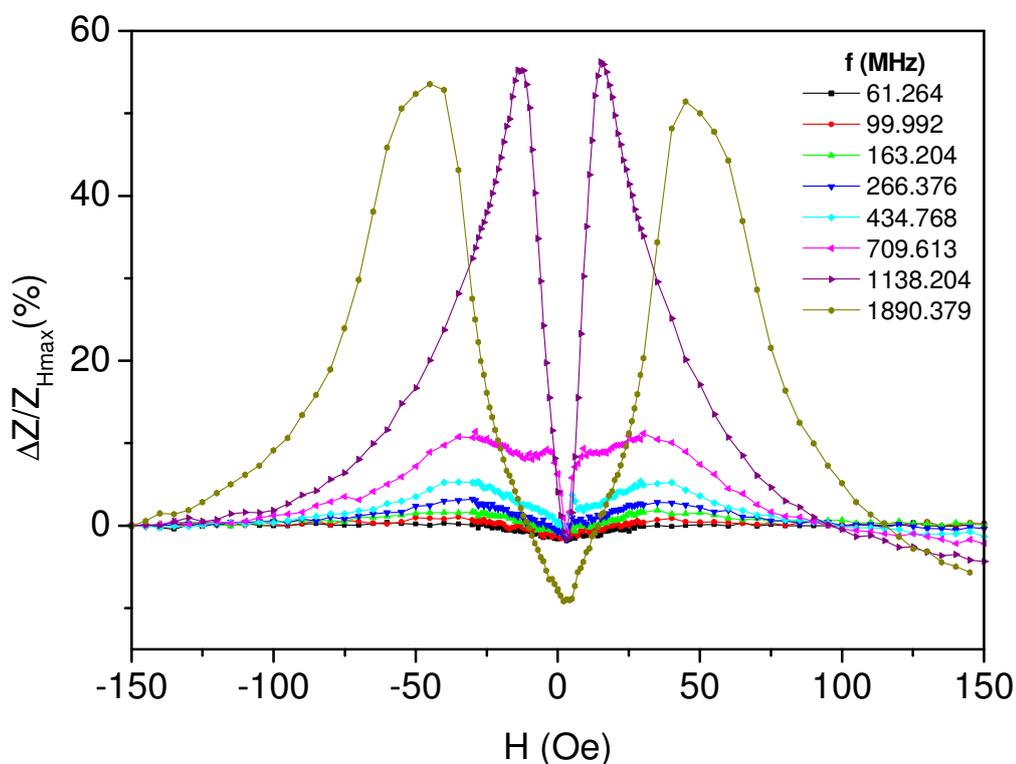


Figura 4-95. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(50Å)]x15 com corte longitudinal.

Na Figura 4-96 o mapa de cores mostra uma estrutura na forma de W para a relação de dispersão. Na Figura 4-97 essa estrutura na forma de W é confirmada, porém com pequenas oscilações nas inclinações das retas laterais. Isso possivelmente indica uma dispersão na direção do eixo de fácil magnetização da amostra.

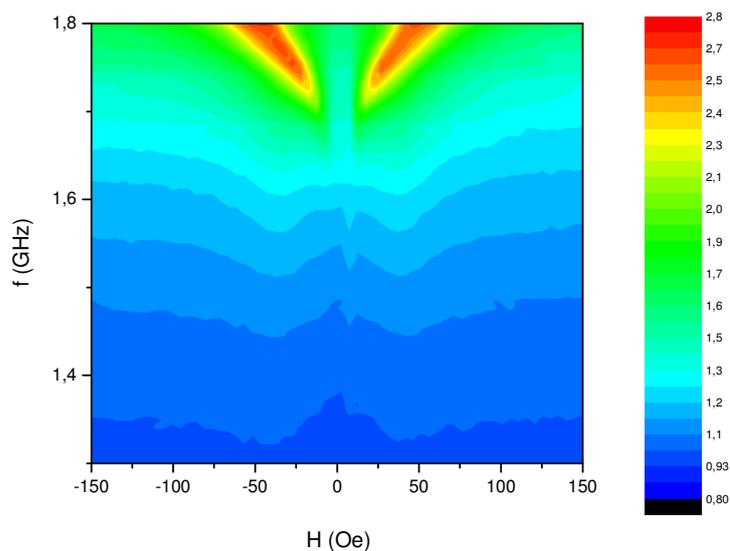


Figura 4-96. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})]_{15}$ com corte longitudinal.

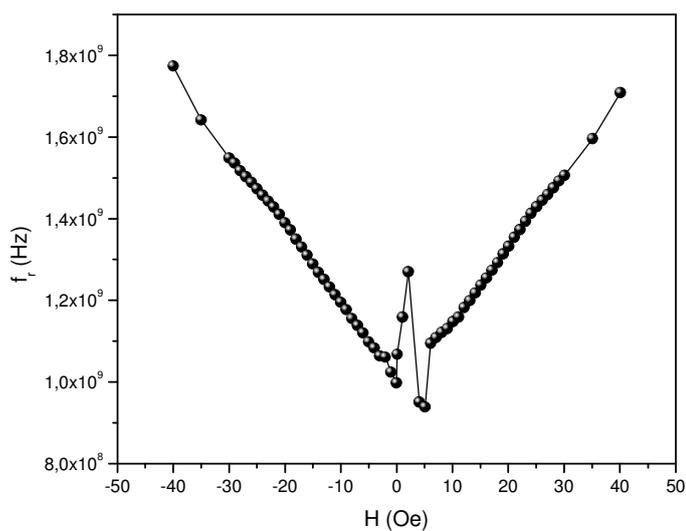


Figura 4-97. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})]_{15}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-98 são mostradas as curvas de MI x H para as amostras com corte transversal e mesma composição da amostra anterior. Uma estrutura de pico único foi observada nas frequências de até 709MHz e uma estrutura de picos duplos observada nas frequências mais elevadas. Na frequência de 1.8GHz, além de apresentar a razão máxima de MI em torno de 68%, a amostra apresentou na estrutura de picos duplos duas ondulações próximas ao campo magnético nulo. Essas ondulações não chegam a ser considerados picos, mas também pode ser um indício de uma possível formação de mais dois picos.

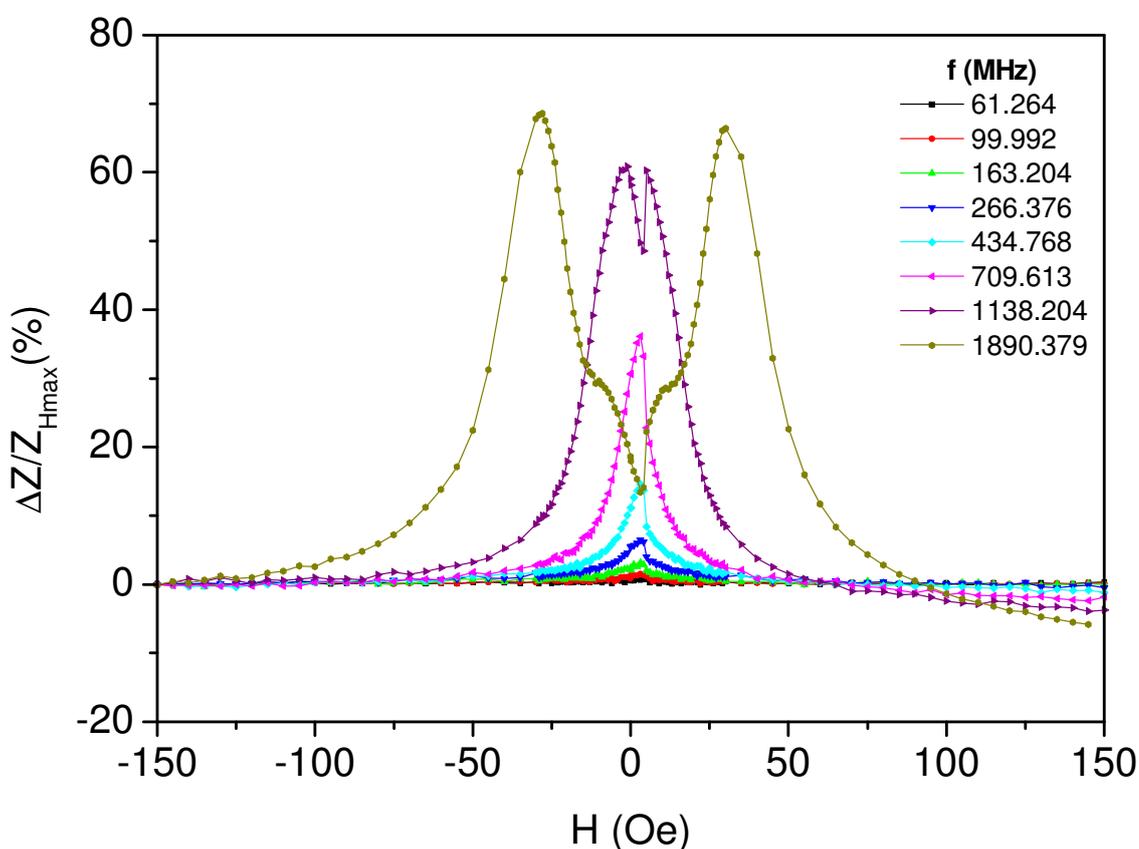


Figura 4-98. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(50Å)]x15 com corte transversal.

Na Figura 4-99 o mapa de cores mostra uma estrutura na forma de V para a relação de dispersão, a qual é confirmada na Figura 4-100 da relação de dispersão experimental.

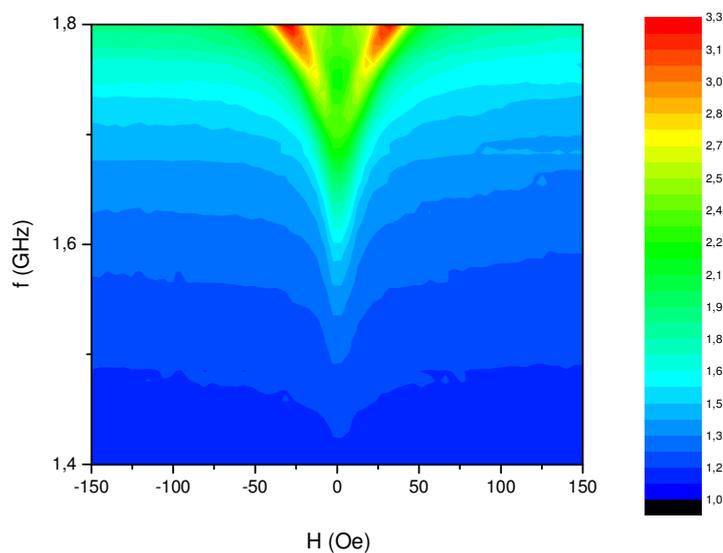


Figura 4-99. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte transversal.

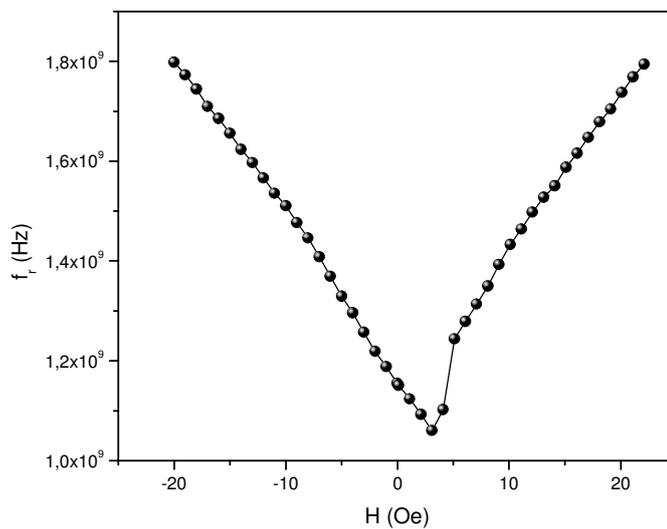


Figura 4-100. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte transversal.

Nas próximas seis figuras serão apresentados os resultados de MI para as mesmas composições das amostras anteriores, porém com 100 bicamadas. Na Figura 4-101 os resultados para a amostra com corte longitudinal serão mostrados. Essa amostra apresentou uma estrutura de picos duplos para a MI, onde esses picos são bem definidos mas um pouco arredondados. Principalmente na frequência de 1.8GHz, notam-se ondulações próximas aos picos mais pronunciados. Essas ondulações também não podem ser consideradas picos, mas dão indício que poderia haver uma formação de mais dois picos, totalizando quatro. Um detalhe importante é que o campo magnético aplicado H não foi suficientemente intenso para poder saturar magneticamente a amostra e novamente aparecem valores negativos. Se a amostra fosse saturada magneticamente, poderíamos dar um valor mais preciso para a razão MI, a qual ficou em torno de 151% na frequência de 1.1GHz. Provavelmente esse valor aumentaria na frequência de 1.8GHz se a amostra fosse saturada magneticamente.

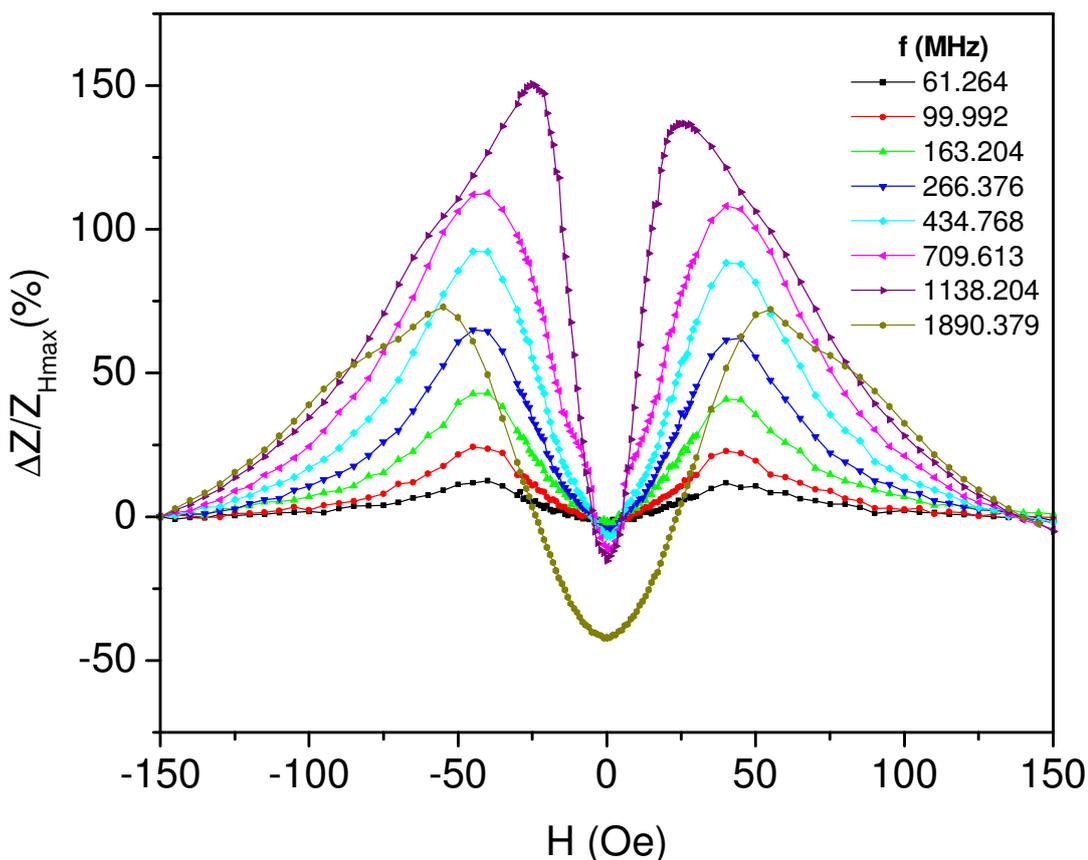


Figura 4-101. Curvas de MI x H para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})]_{\times 100}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-102 o mapa de cores apresenta uma estrutura em W para a relação de dispersão. Essa estrutura é confirmada na Figura 4-103 da relação de dispersão experimental, onde mostra também que há uma dispersão na magnetização da amostra, pois as retas laterais apresentam mais de uma inclinação.

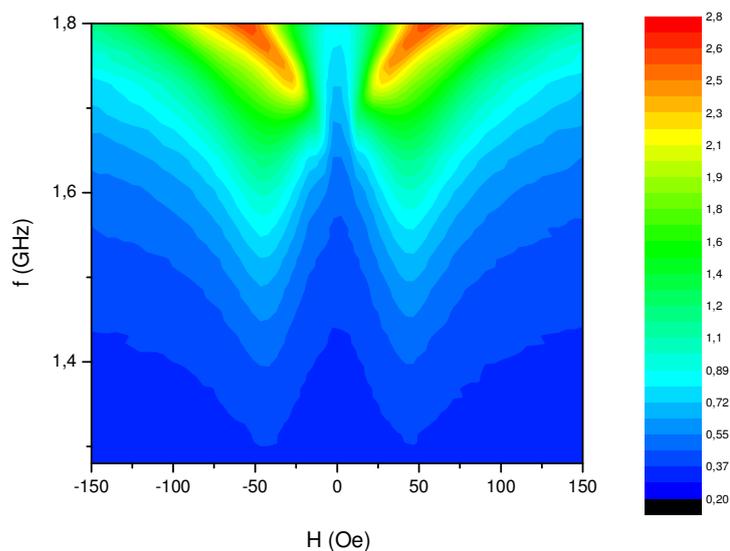


Figura 4-102. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})] \times 100$ com corte longitudinal.

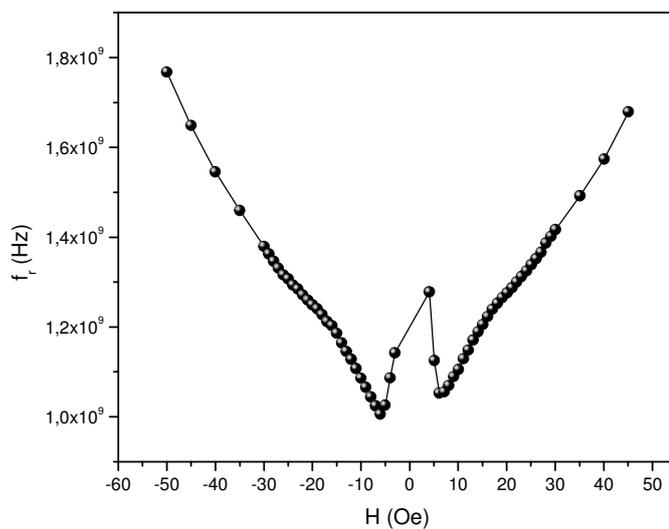


Figura 4-103. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})] \times 100$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-104 a amostra com corte transversal e mesma composição da anterior apresentou uma estrutura de pico único até a frequência de 1.1GHz, a qual apresentou a maior razão MI em torno de 204%. Na frequência de 1.8GHz pode-se perceber a transição da estrutura de pico único para uma estrutura de pico duplo, por isso aparecem três picos, um pico central que esta se desfazendo e outros dois picos laterais que estão se formando.

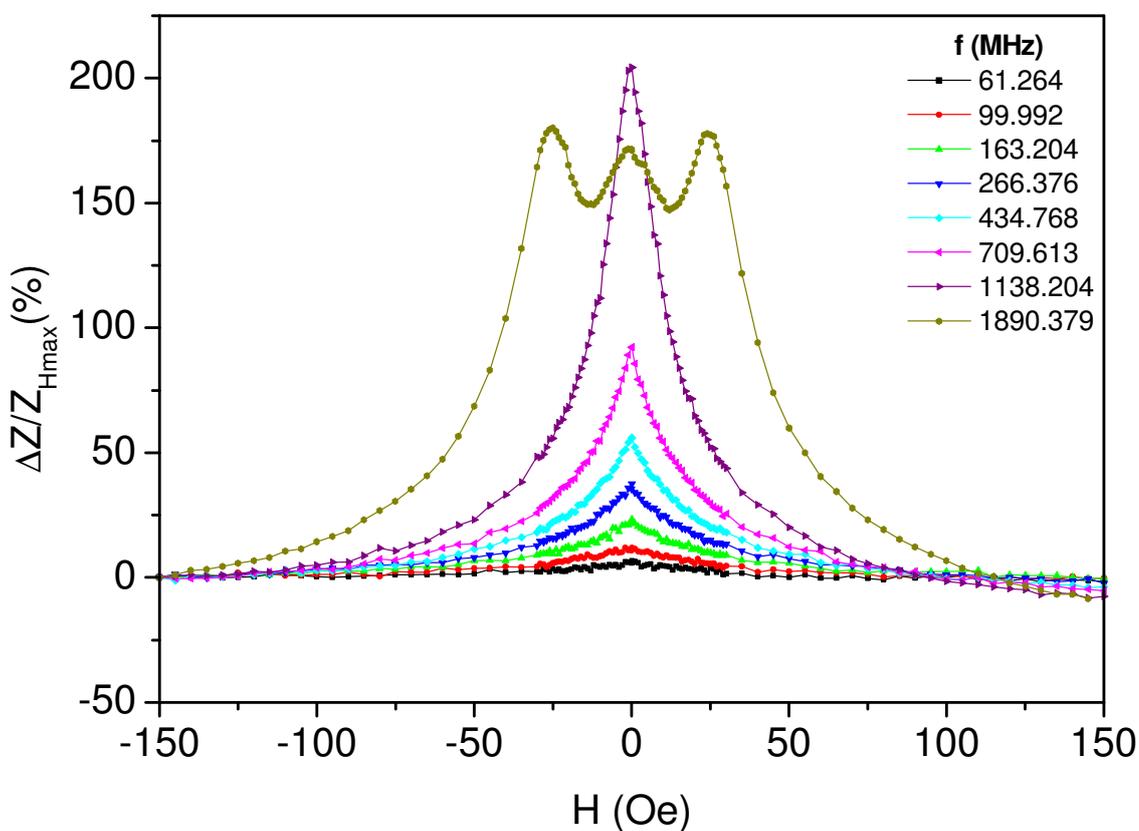


Figura 4-104. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(50Å)]x100 com corte transversal.

Na Figura 4-105 o mapa de cores apresenta uma estrutura em V bem clara para a relação de dispersão, a qual pode ser comprovada na Figura 4-106 da relação da dispersão experimental.

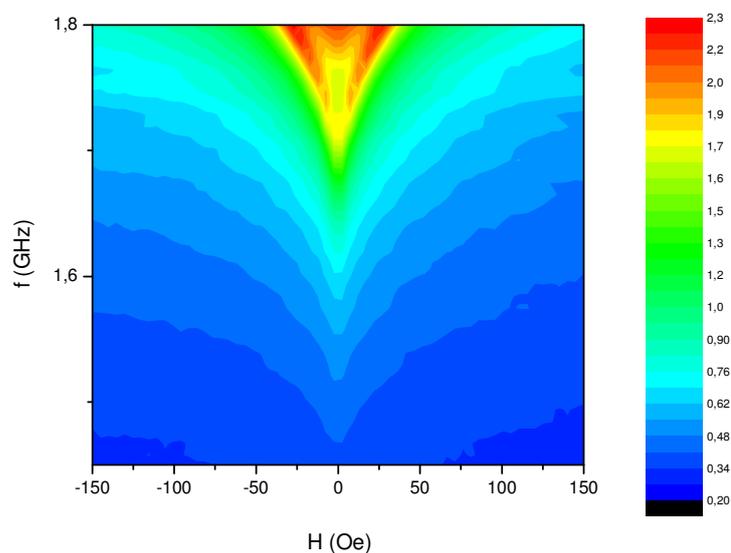


Figura 4-105. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})]_{100}$ com corte transversal.

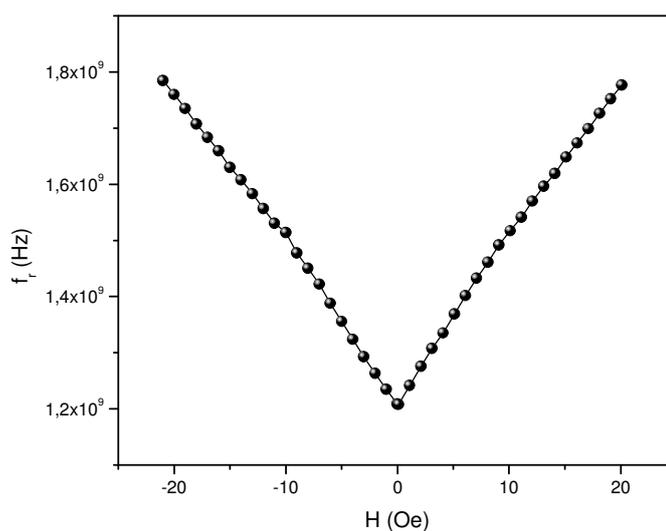


Figura 4-106. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(50\text{\AA})]_{100}$ com corte transversal.

Na Figura 4-107 são mostrados os gráficos da amostra Py(200Å)/Ag(50Å) com 15 e 100 bicamadas. Na amostra com 15 bicamadas e corte longitudinal houve um aumento praticamente linear na MI_{\max} até a frequência de 200MHz e com o aumento da frequência o comportamento se torna quadrático até a frequência de aproximadamente 600MHz e para as frequências mais elevadas houve um grande aumento até a frequência de 1.1GHz seguido de uma queda na frequência de 1.8GHz. Na amostra com 100 bicamadas e corte longitudinal notou-se que a taxa de aumento é linear para as frequências mais baixas seguida de um comportamento quadrático para as frequências mais altas, também tendo valor máximo na frequência de 1.1GHz seguido de uma queda para a frequência de 1.8GHz. As amostras com corte transversal com 15 e 100 bicamadas tiveram um comportamento semelhante até a frequência de 1.1GHz, porém nas frequências maiores na amostra com 15 bicamadas o valor de MI continua aumentando, mas com uma taxa muito menor indicando uma possível queda. Já na amostra com 100 bicamadas essa queda é observada na frequência de 1.8GHz e o valor máximo de MI foi na frequência de 1.1GHz, em torno de 200%.

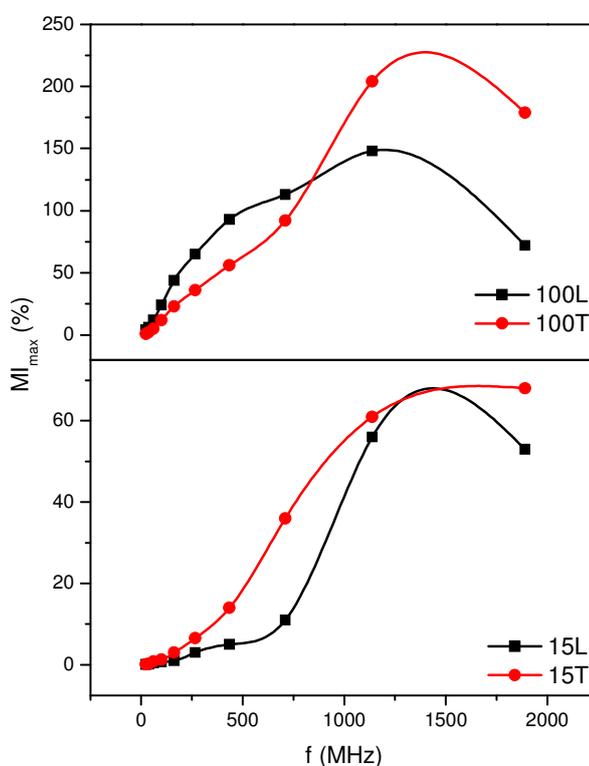


Figura 4-107. Gráficos da razão MI máxima versus frequência para a série de amostras Py(200Å)/Ag(50Å) com 15 e 100 bicamadas, onde L e T referem-se aos cortes longitudinal e transversal respectivamente.

Nas próximas doze figuras são mostrados os resultados da MI para as amostras com 200Å de Py separadas por 200Å de Ag com 15 e 100 bicamadas, as quais têm a razão 1 entre as espessuras de Py e Ag $\left(\frac{\tau_{Py}}{\tau_{Ag}} = 1\right)$ e a maior espessura de espaçador de prata, com 200Å. Nas duas primeiras figuras temos as curvas de MI x H para a amostra com 15 bicamadas. Na Figura 4-108 a amostra com corte longitudinal apresenta uma estrutura de pico único até a frequência de 709MHz e uma estrutura de picos duplos bem definidos para as frequências mais elevadas. Para todas as frequências podemos perceber ondulações próximas dos picos. A razão MI foi maior para a frequência de 1.1GHz, chegando a 95%. As ondulações, principalmente para as frequências mais altas, parecem indicar uma possível formação de novos picos. Novamente o campo magnético aplicado não foi suficiente para saturar magneticamente a amostra, por isso o aparecimento dos valores negativos da razão MI. Se a amostra fosse saturada magneticamente poderíamos ter observado um valor maior para a razão MI na frequência de 1.8GHz.

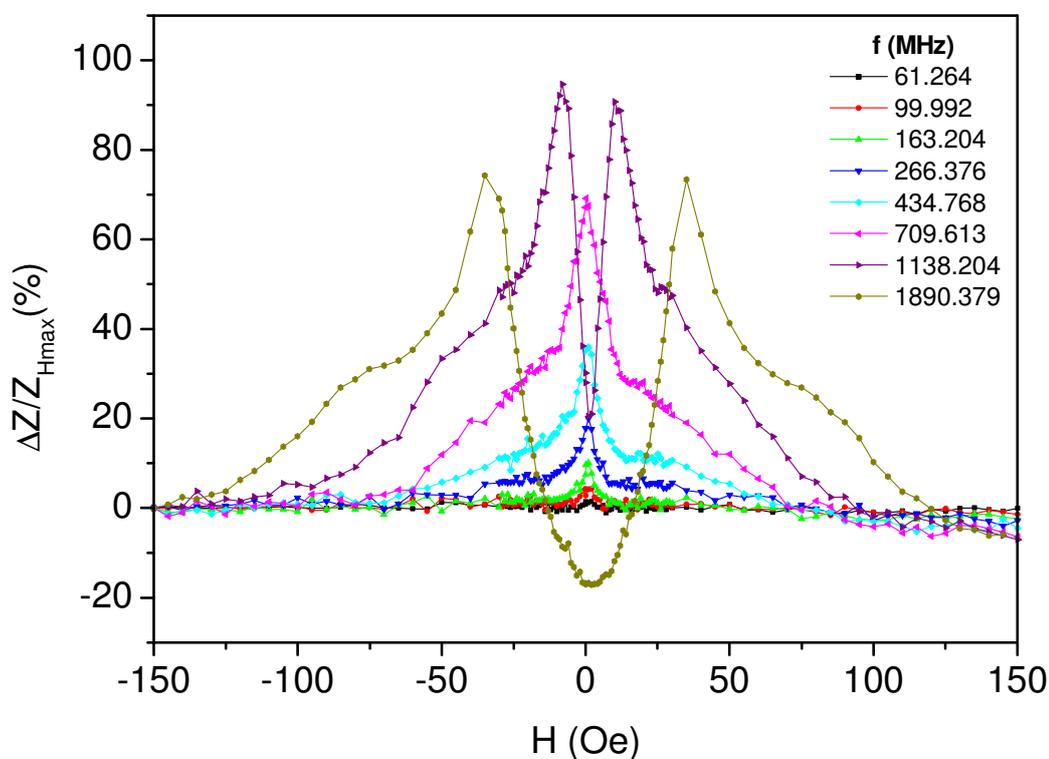


Figura 4-108. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(200Å)]x15 com corte longitudinal.

Na Figura 4-109 o mapa de cores mostra uma estrutura na forma de V para a relação de dispersão. Essa estrutura é confirmada na Figura 4-110 da relação de dispersão experimental.

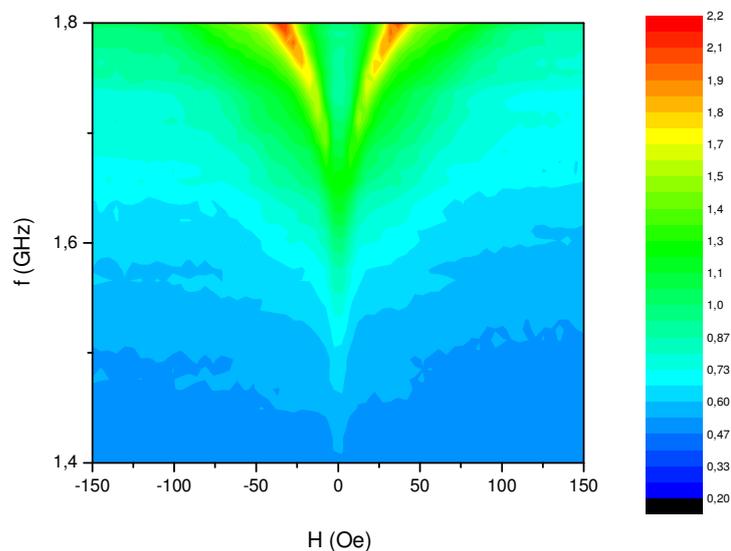


Figura 4-109. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(200\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte longitudinal.

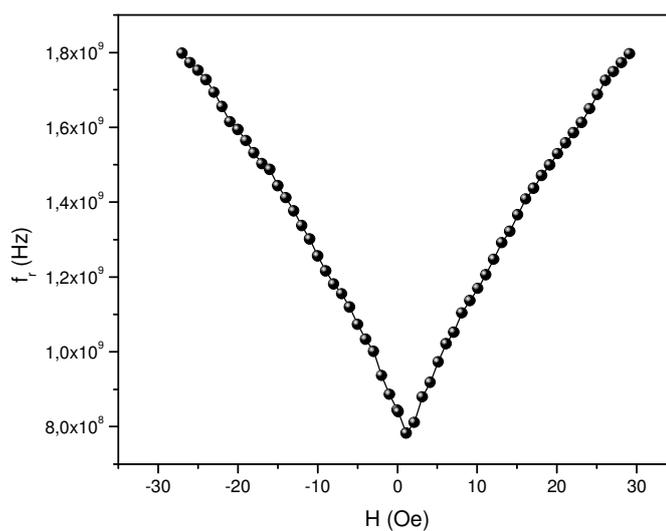


Figura 4-110. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(200\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-111 a amostra com corte transversal apresenta uma estrutura de duplos picos para todas as frequências apresentadas. Esses picos são bem mais pronunciados e intensos para as curvas onde a frequência é mais alta. Na frequência de 1.8GHz ocorreu o máximo da razão MI, em torno de 102%.

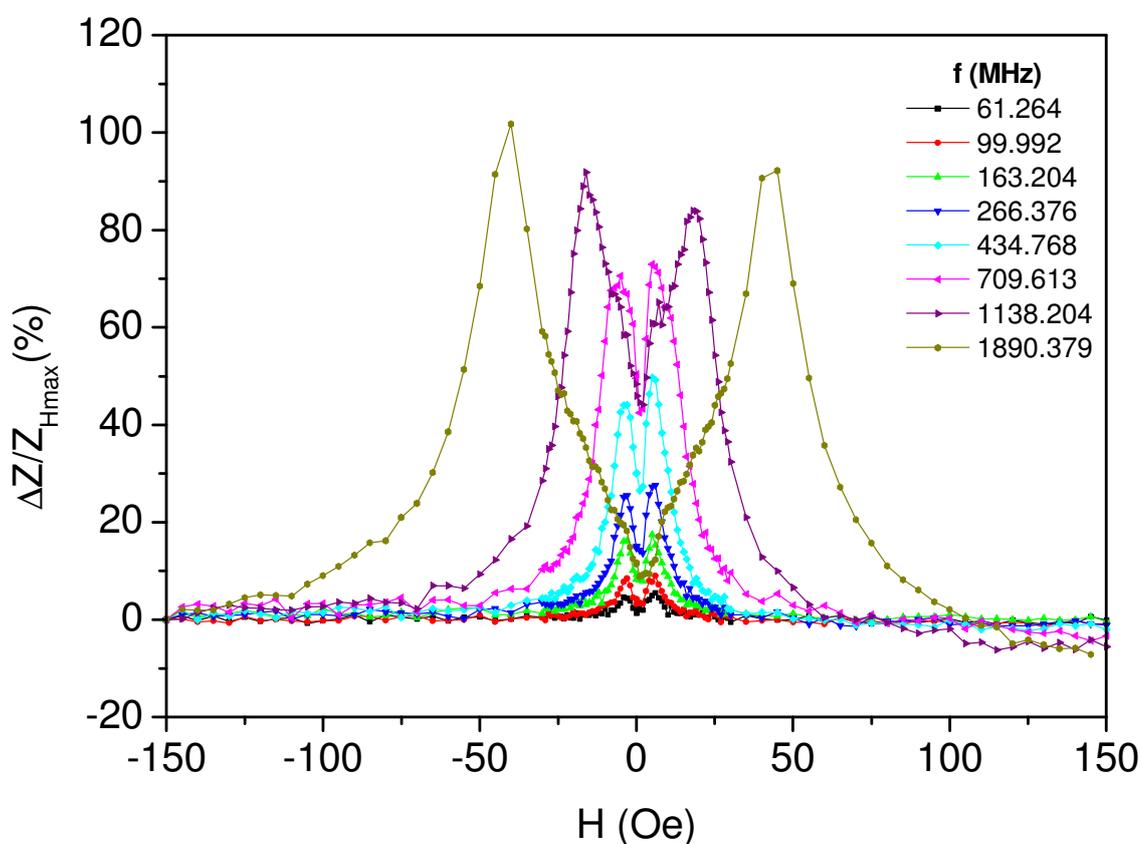


Figura 4-111. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(200Å)]x15 com corte transversal.

Na Figura 4-112 o mapa de cores mostra uma estrutura em forma de W para a relação de dispersão. Essa estrutura pode ser confirmada na Figura 4-113 da relação de dispersão experimental. Também aparece uma dispersão na magnetização, pois há mudanças nas inclinações das retas laterais.

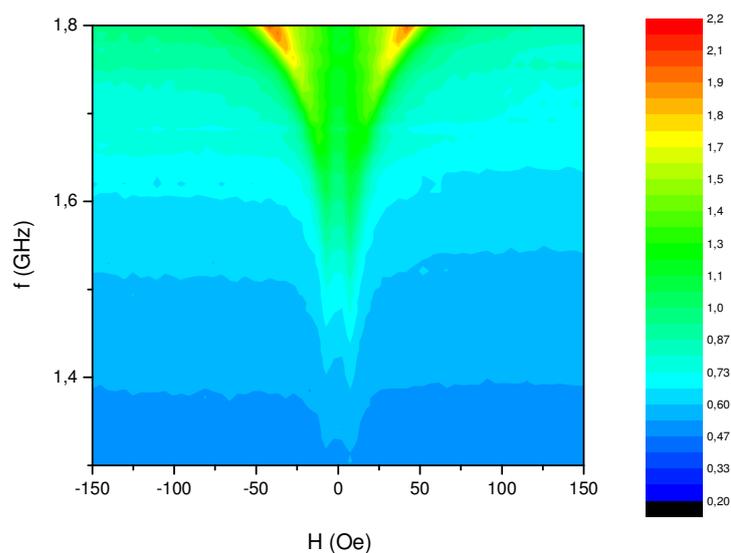


Figura 4-112. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(200\text{\AA})] \times 15$ com corte transversal.

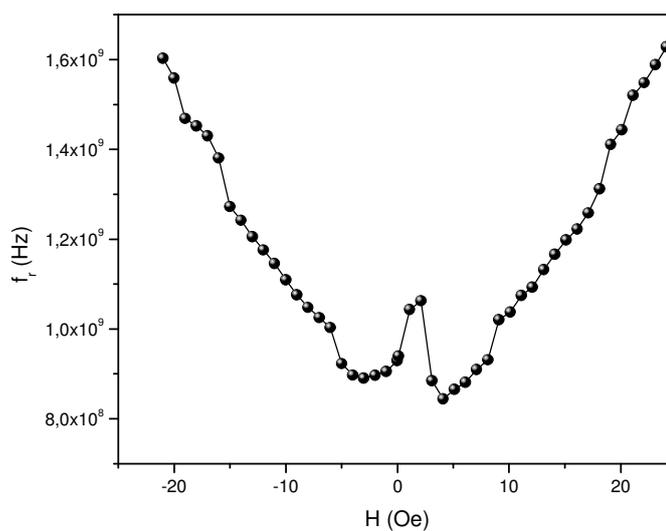


Figura 4-113. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(200\text{\AA})] \times 15$ com corte transversal.

Nas seis próximas figuras serão mostradas as curvas de MI x H para amostras com a mesma composição da anterior, porém com 100 bicamadas. Na Figura 4-114 novamente não foi possível levar a amostra para um estado magnético saturado, pois ela foi cortada longitudinal, ou seja, a magnetização foi feita no eixo difícil e nosso sistema não conseguiu aplicar o campo necessário, por isso os valores negativos para a razão MI. Essa amostra poderia ter atingido valores mais elevados para a razão MI, mas com esse campo o valor máximo observado foi de 106% na frequência de 434MHz. Uma estrutura de picos duplos bem definidos foi observada para todas as frequências apresentadas.

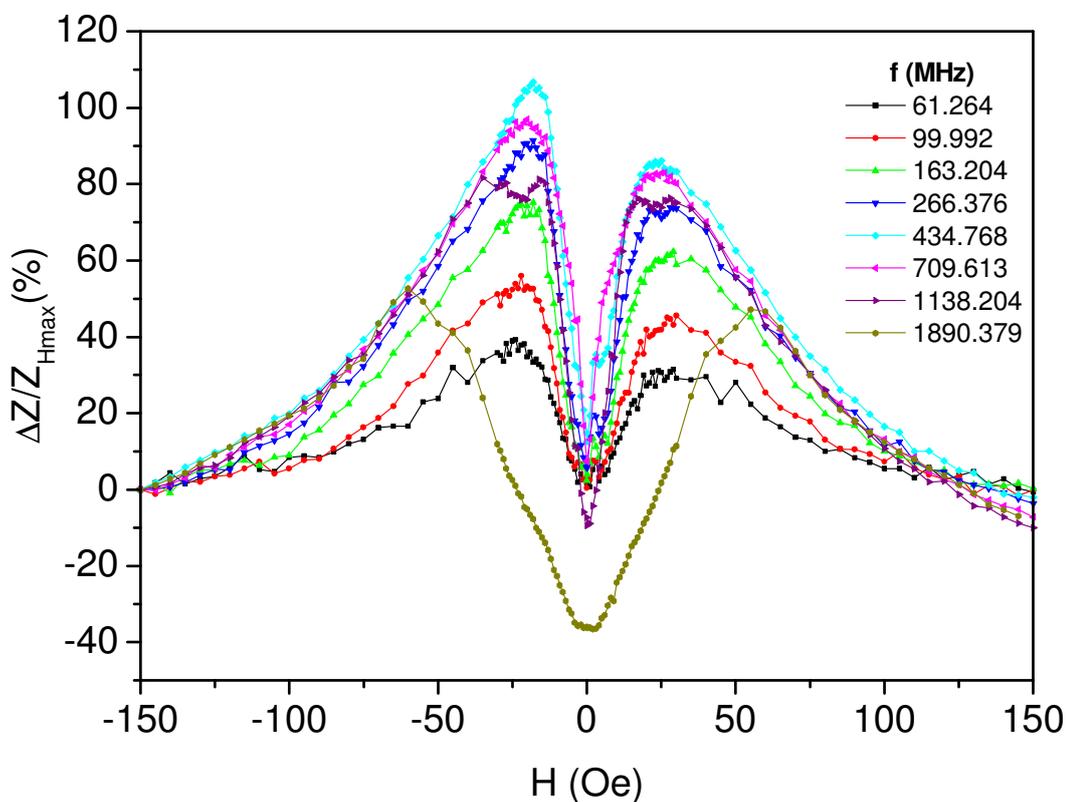


Figura 4-114. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(200Å)]x100 com corte longitudinal.

Na Figura 4-115 o mapa de cores mostra uma estrutura na forma de W para a relação de dispersão que é confirmada na Figura 4-116 da relação de dispersão experimental. Essa relação também mostra mudanças na inclinação das retas laterais indicando uma mudança na direção de fácil magnetização da amostra.

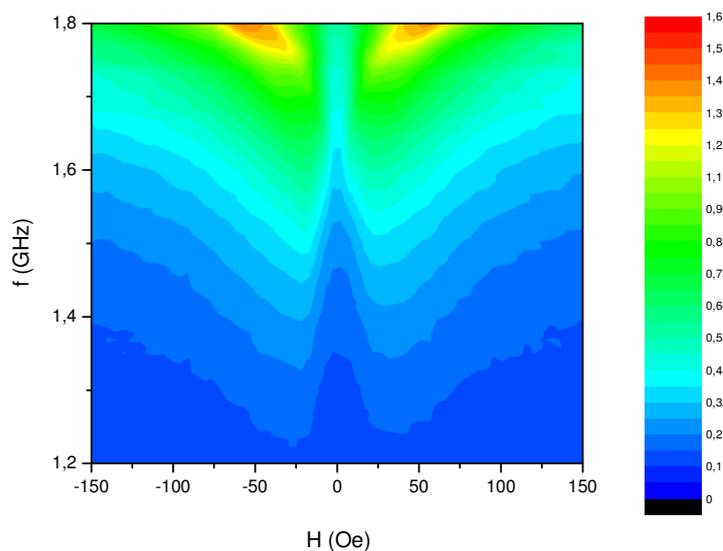


Figura 4-115. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(200\text{\AA})] \times 100$ com corte longitudinal.

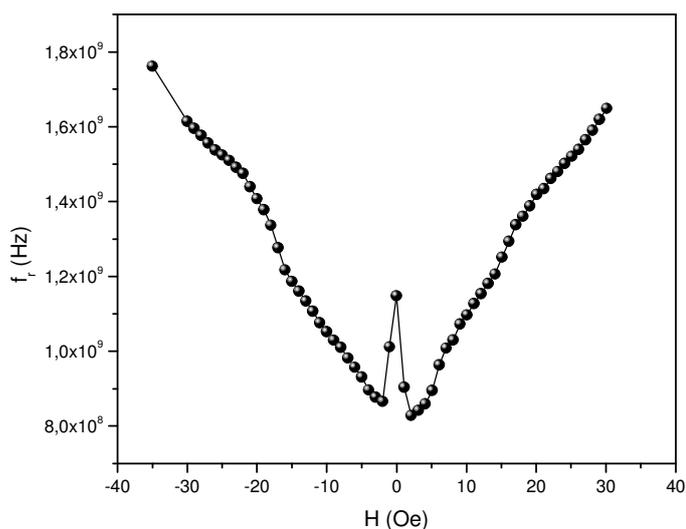


Figura 4-116. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(200\text{\AA})] \times 100$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-117 a amostra com corte transversal apresentou uma estrutura de pico único nas amostras com mais baixas frequências, até 100MHz, e uma estrutura de picos duplos para as frequências mais elevadas. Esses picos não são muito bem definidos para quase todas as frequências e possuem ondulações próximas dos picos mais pronunciados, nas duas frequências mais elevadas. Na frequência de 1.8GHz pode-se perceber um indício de formação de dois novos picos, mas os mesmos não ficam muito claros. A máxima razão MI de 174% ocorreu na frequência de 709MHz que quase se igualou a razão da curva na frequência de 1.1GHz.

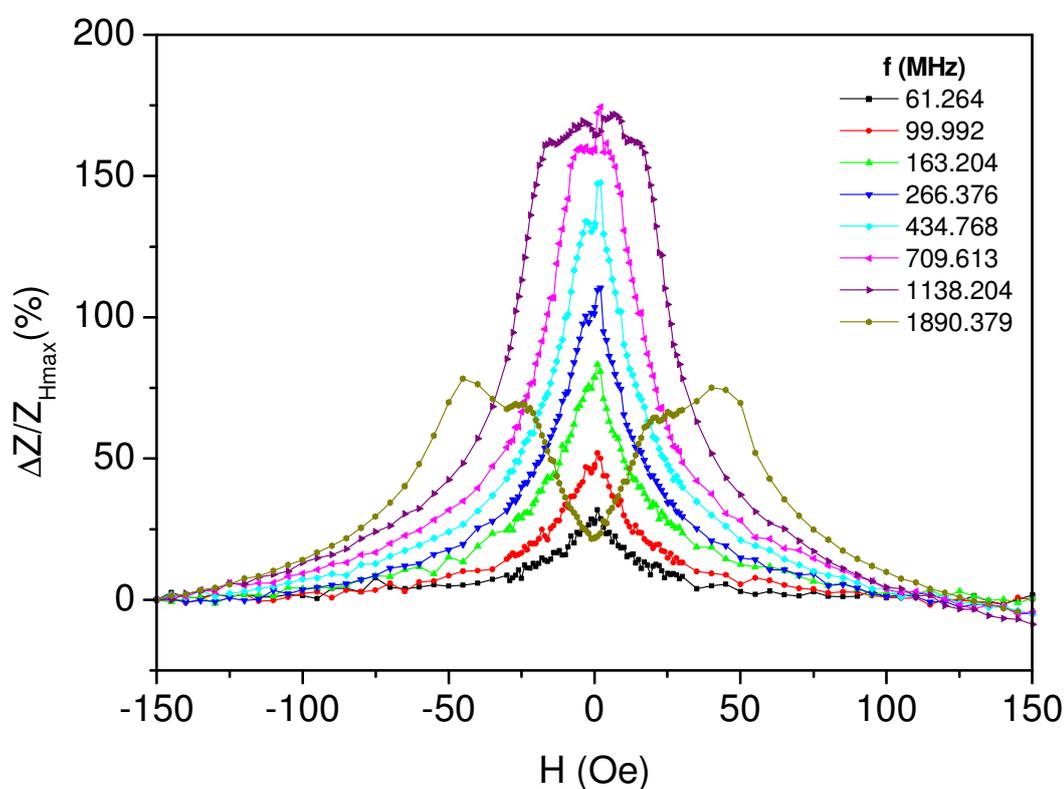


Figura 4-117. Curvas de MI x H para a amostra [Py(200Å)/Ag(200Å)]x100 com corte transversal.

Na Figura 4-118 o mapa de cores mostra uma estrutura em V para a relação de dispersão, a qual também é observada na Figura 4-119 da relação de dispersão experimental. Porém, pode-se observar que há mudanças na inclinação das retas laterais, ou seja, há uma flutuação na direção de fácil magnetização da amostra.

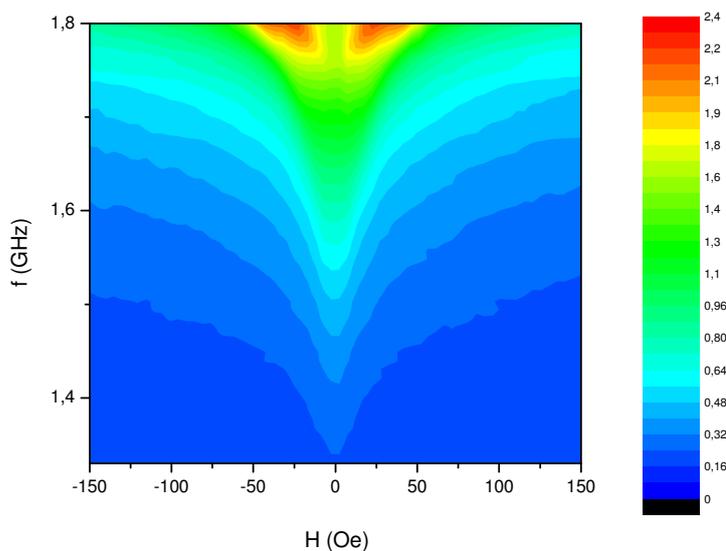


Figura 4-118. Mapa de cores $R \times H \times f$ para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(200\text{\AA})] \times 100$ com corte transversal.

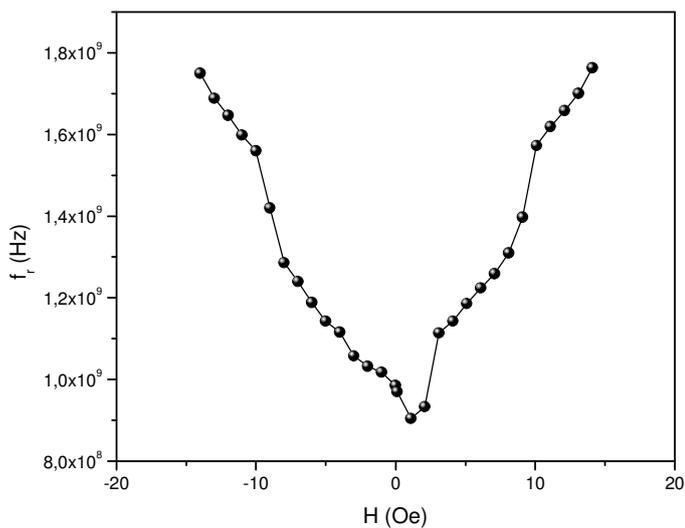


Figura 4-119. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(200\text{\AA})/\text{Ag}(200\text{\AA})] \times 100$ com corte transversal.

Na Figura 4-120 são mostrados os gráficos de MI_{\max} x f para a amostra $Py(200\text{\AA})/Ag(200\text{\AA})$ com 15 e 100 bicamadas. Na amostra com 15 bicamadas e cortes longitudinal e transversal foi observado um aumento linear da MI_{\max} até a frequência abaixo de 300MHz, mas nas frequências mais elevadas a amostra com corte longitudinal teve um grande aumento até a frequência de 1.1GHz seguido de uma queda no valor de MI na frequência de 1.8GHz. Na amostra com 100 bicamadas houve um aumento linear da MI_{\max} até a frequência de 250MHz para os dois cortes, mas nas frequências mais elevadas a amostra com corte transversal continua aumentando até a frequência de 1GHz e acima desta há uma queda até 1.8GHz. Já na mesma amostra porém com corte longitudinal o máximo de MI está próximo da frequência de 500MHz e com diminuição praticamente linear nas frequências mais elevadas.

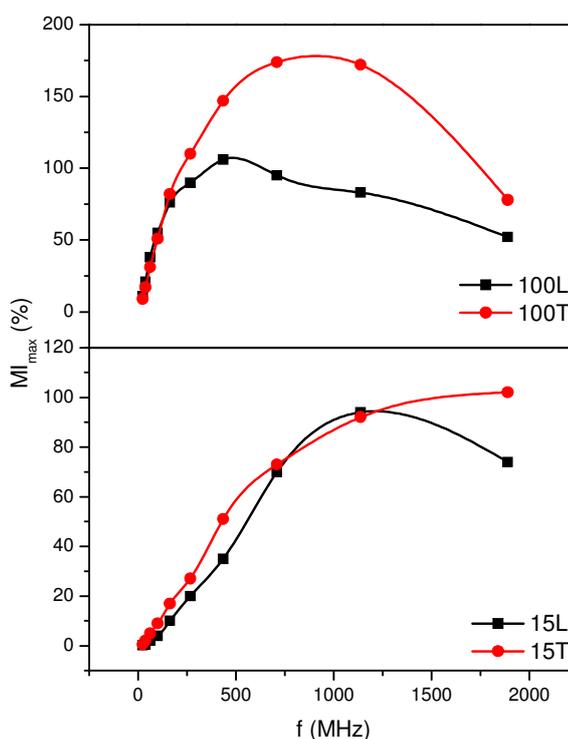


Figura 4-120. Gráficos da razão MI máxima versus frequência para a série de amostras $Py(200\text{\AA})/Ag(200\text{\AA})$ com 15 e 100 bicamadas, onde L e T referem-se aos cortes longitudinal e transversal respectivamente.

Nessa seção vimos os resultados das medidas de magnetoimpedância e da relação de dispersão para as amostras fabricadas com espaçadores de prata. Na próxima seção veremos os resultados para as amostras com espaçadores de cobre.

4.2.2. Multicamadas de Py/Cu

As amostras de Py e Cu foram crescidas com apenas a razão igual a 4 entre as espessuras $\left(\frac{\tau_{Py}}{\tau_{Cu}} = 4\right)$, ou seja composição com 200Å de Py separadas por 25Å de Cu e com 15, 30, 50, 70 e 100 bicamadas. Essa composição havia se mostrado promissora nas amostras com espaçadores de prata, por isso fizemos a mesma para as amostras de cobre. Para essas amostras, mostraremos os dados obtidos em três tipos de gráficos: MI x H, mapa de cores f x H x MI e Z x H.

As próximas quatro figuras são referentes às amostras com corte longitudinal e 15 bicamadas. Na Figura 4-121 são mostradas as curvas de MI x H onde se pode observar uma estrutura de pico único para as frequências mais baixas, até 100MHz. Essa estrutura evolui para uma de picos duplos bem definidos e com razão MI máxima na frequência de 1.8GHz em torno de 23,5%.

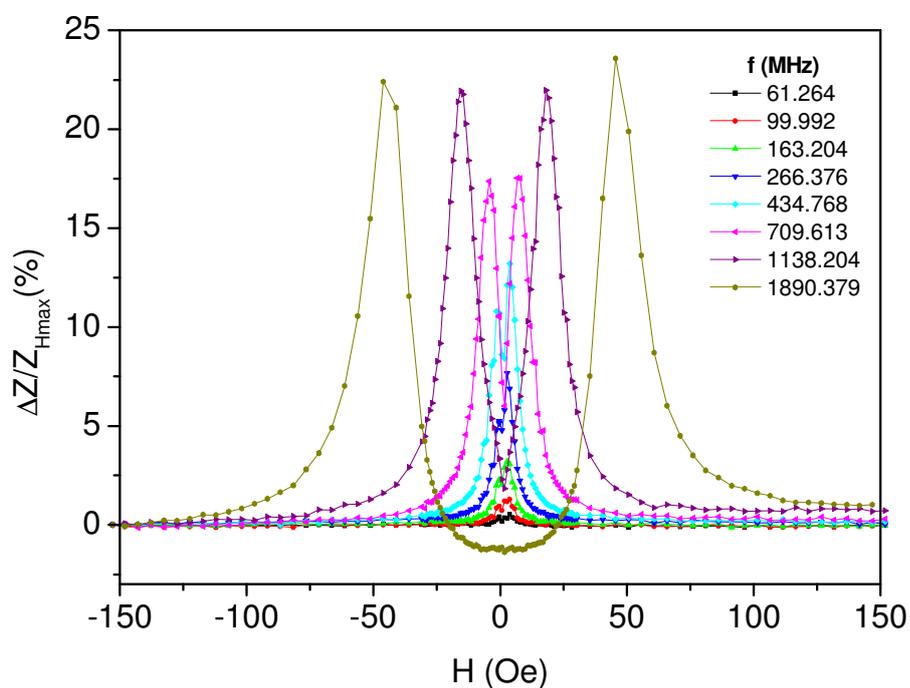


Figura 4-121. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Cu(25Å)]x15 com corte longitudinal.

Na Figura 4-122 é mostrado um mapa de cores para essa amostra. Nesse mapa pode ser percebida uma estrutura na forma de V que pode estar mudando para W na relação de dispersão. Na Figura 4-123 da relação de dispersão experimental pode ser observada a mesma estrutura em V com uma possível mudança na ponta.

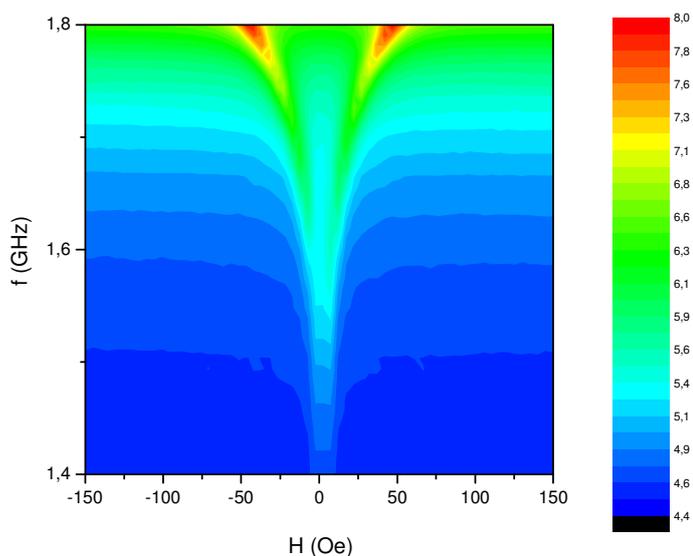


Figura 4-122. Mapa de cores $f \times H \times R$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{15}$ com corte longitudinal.

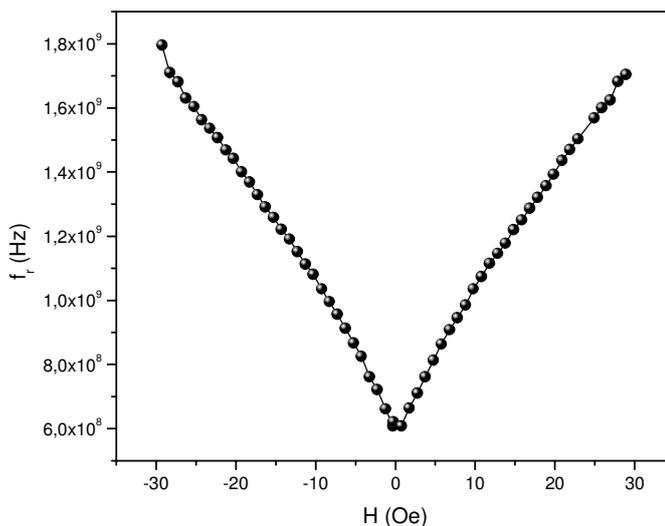


Figura 4-123. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{15}$ com corte longitudinal.

Na Figura 4-124 são mostradas as partes resistivas e reativas da impedância Z , onde pode-se perceber a evolução dos valores de resistência e de reatância da amostra. Também podem ser observadas as ressonâncias ferromagnéticas que ocorrem nas medidas com as frequências mais altas. Tal ressonância é caracterizada pela coincidência do valor máximo de resistência e valor mínimo de reatância, que é claramente observada nas frequências de 709MHz e 1.1GHz para essa amostra.

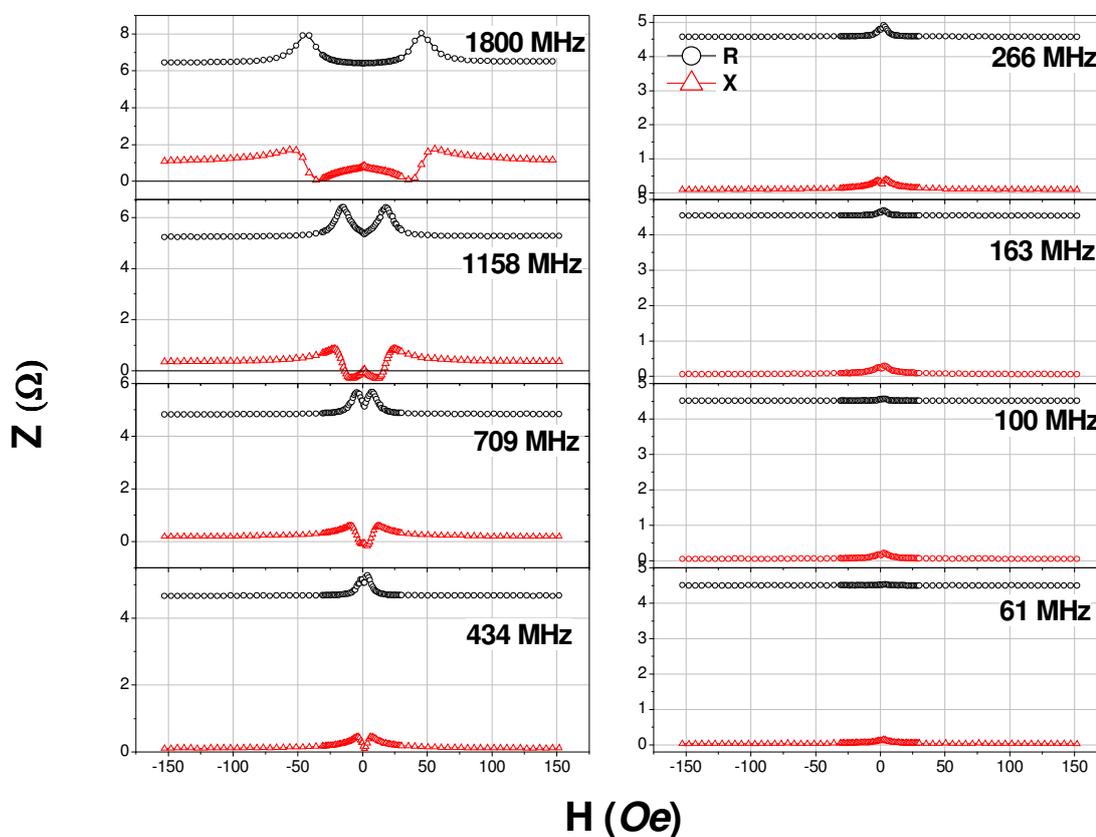


Figura 4-124. Curvas de Z x H , para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte longitudinal.

Nas próximas quatro figuras temos os resultados de MI para as amostras com corte transversal e também com 15 bicamadas. Na Figura 4-125 uma estrutura de picos duplos bem definidos foi observada para todas as frequências apresentadas. A razão MI ficou em torno de 25% para ambas as frequências mais altas, de 1.1 e 1.8GHz.

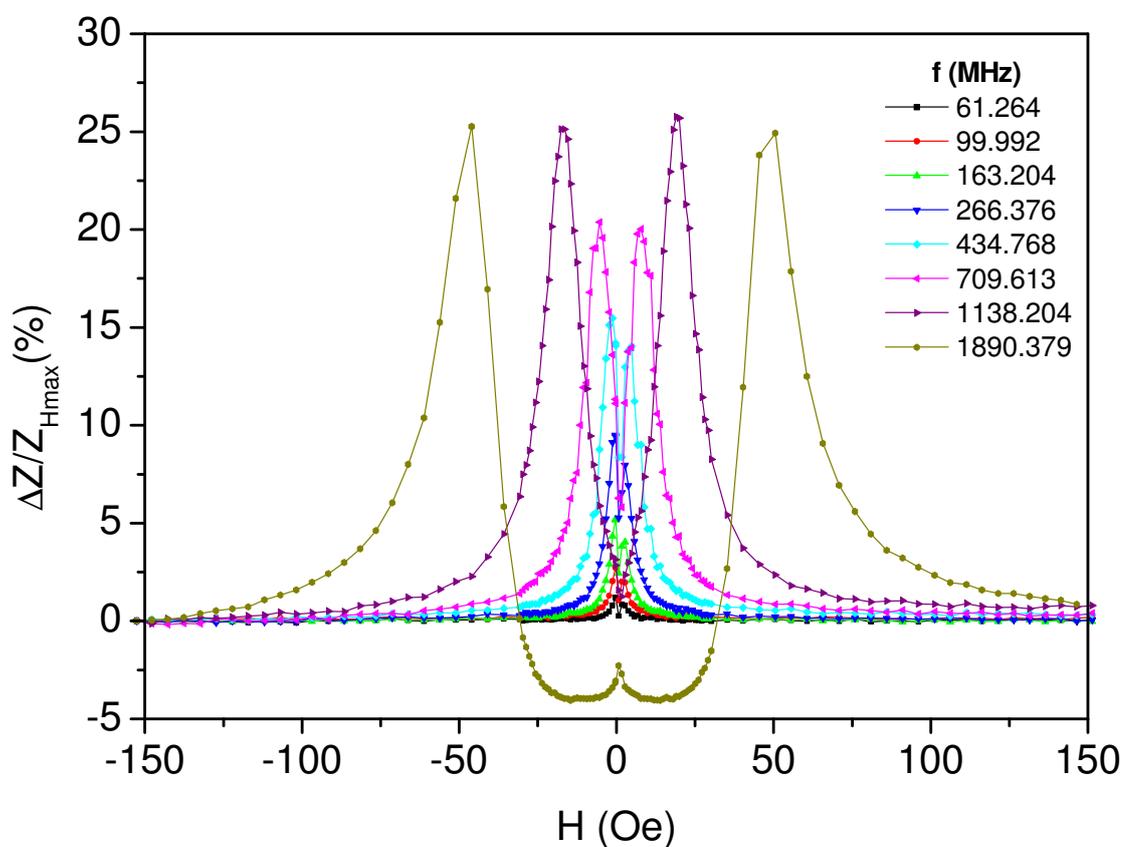


Figura 4-125. Curvas de MI x H para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte transversal.

Na Figura 4-126 é mostrado um mapa de cores para a mesma amostra anterior, onde uma estrutura na forma de W para a relação de dispersão é observada. Essa estrutura pode ser comprovada na Figura 4-127 da relação de dispersão experimental.

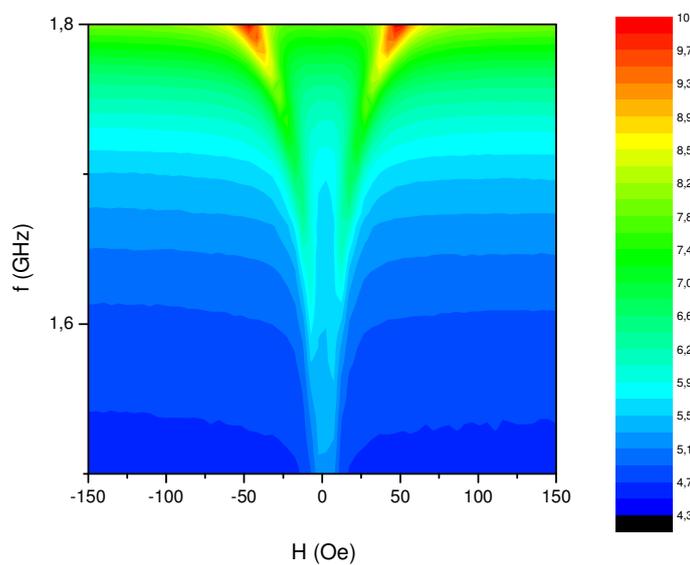


Figura 4-126. Mapa de cores $f \times H \times R$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{15}$ com corte transversal.

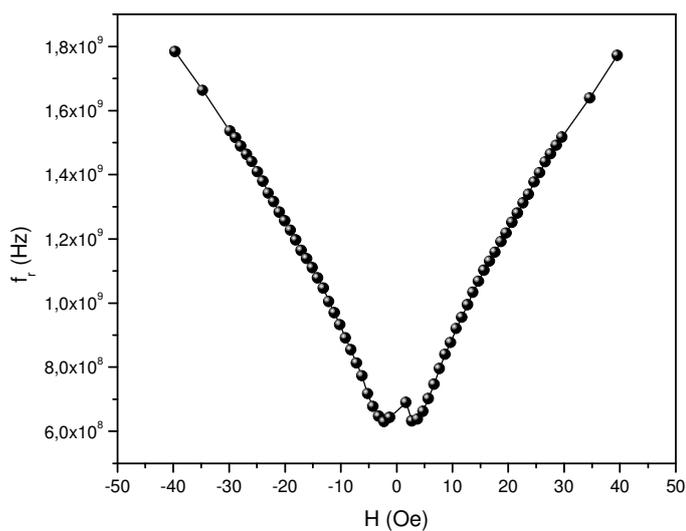


Figura 4-127. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{15}$ com corte transversal.

Na Figura 4-128 pode-se observar as curvas de $Z \times H$, onde a impedância Z está dividida nas partes resistiva e reativa. Nas frequências mais altas tem-se a coincidência do valor máximo da resistência com o valor mínimo da reatância, indicativa de ressonância ferromagnética.

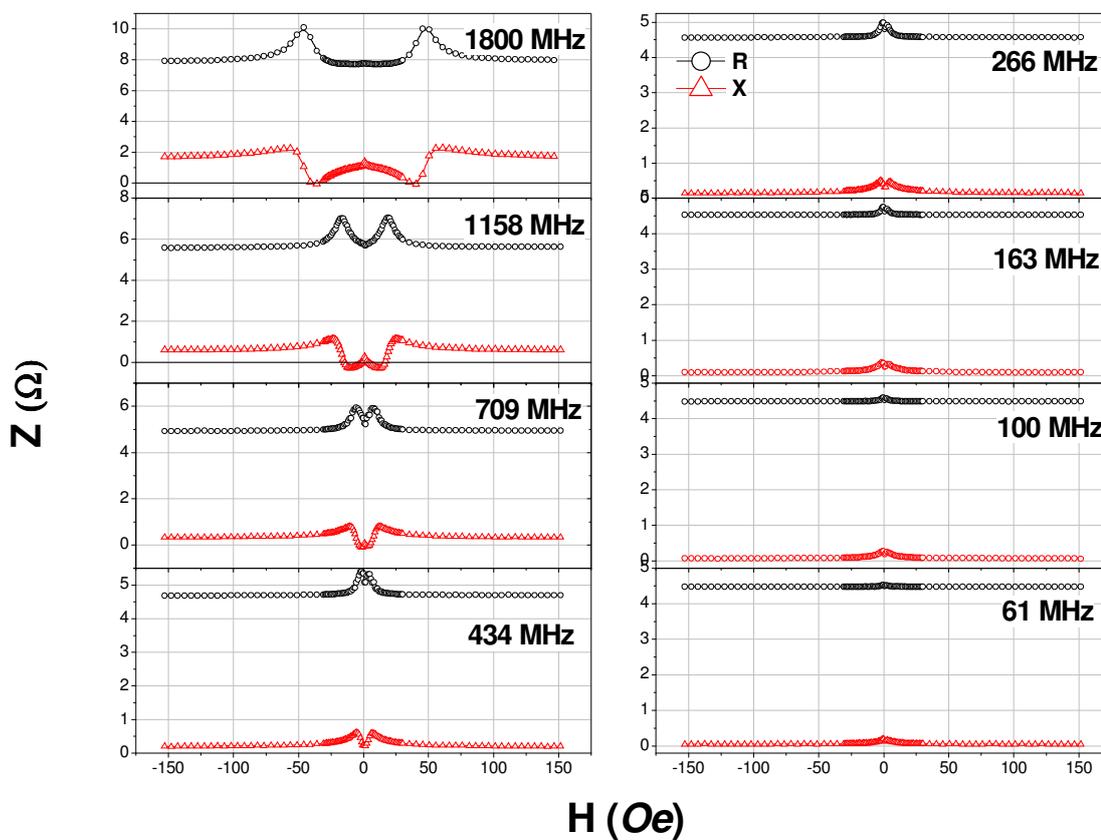


Figura 4-128. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 15}$ com corte transversal.

Nas próximas oito figuras são mostrados os resultados de MI para amostras da mesma composição, mas com 30 bicamadas. Nas próximas quatro figuras os resultados apresentados são para amostras com corte longitudinal. Na Figura 4-129 as curvas apresentam uma estrutura de pico único bem definido para frequências abaixo de 434MHz e uma estrutura de picos duplos, também bem definidos, nas frequências mais elevadas. A máxima razão MI foi de 99% na frequência de 1.1GHz. Novamente os valores negativos da razão MI indicam que a amostra ainda não estava em seu estado de saturação magnética.

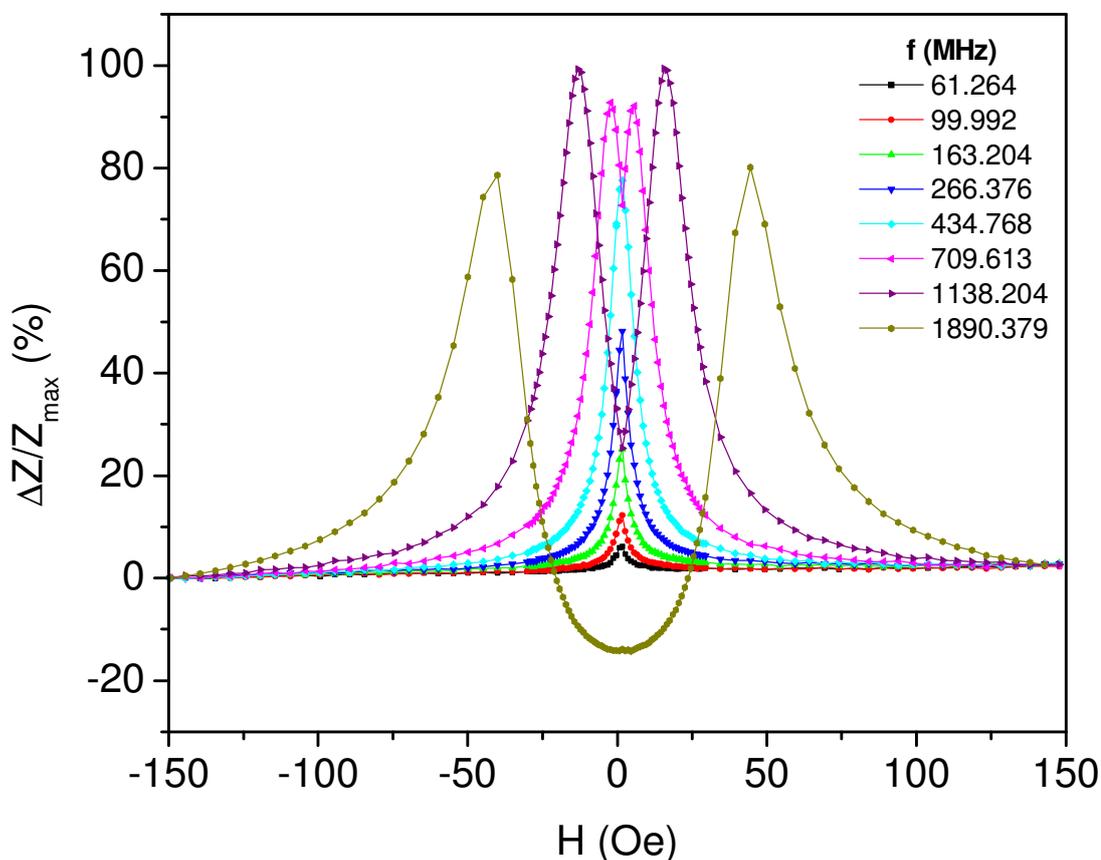


Figura 4-129. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Cu(25Å)]x30 com corte longitudinal.

Na Figura 4-130 o mapa de cores para essa amostra mostra uma estrutura em forma de V para a relação de dispersão, a qual pode ser facilmente confirmada na Figura 4-131 da relação de dispersão experimental.

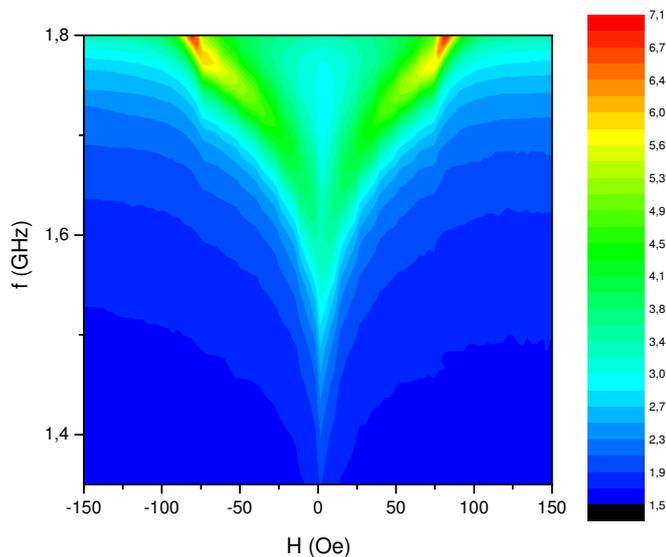


Figura 4-130. Mapa de cores $f \times H \times R$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte longitudinal.

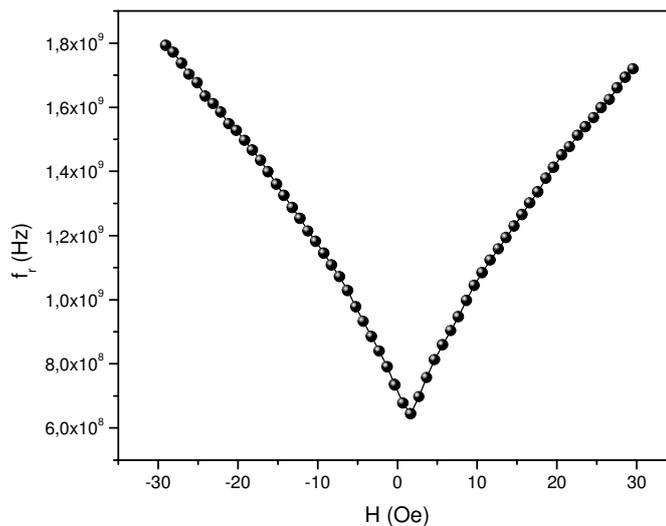


Figura 4-131. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte longitudinal.

As curvas das componentes da impedância Z versus o campo magnético aplicado H são mostradas na Figura 4-132. Analisando-as pode-se perceber a coincidência do máximo valor de resistência com a passagem da reatância pelo zero.

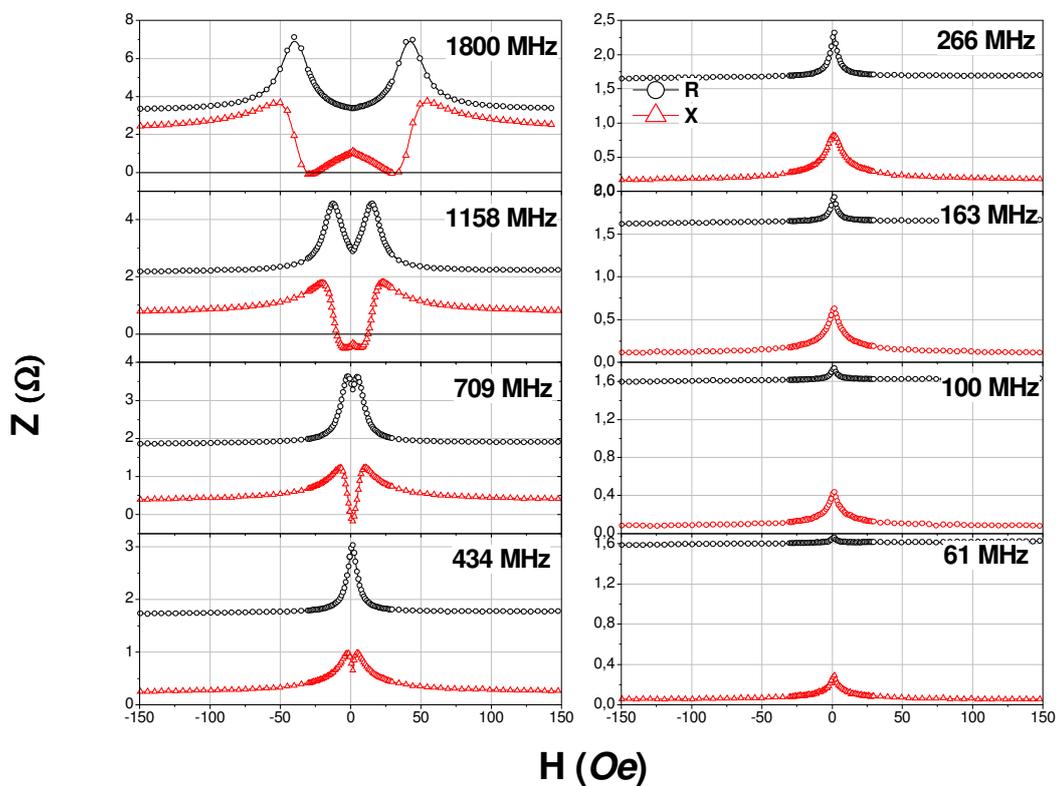


Figura 4-132. Curvas de Z x H , para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\text{x}30}$ com corte longitudinal.

Nas próximas quatro figuras os resultados de MI apresentados são para amostras com corte transversal. Na Figura 4-133 as curvas de MI revelam uma estrutura de picos duplos para todas as frequências apresentadas. Na frequência de 1.1GHz ocorreu a máxima razão MI, em torno de 90%. Os valores negativos da razão MI indicam que essa amostra também não foi saturada magneticamente.

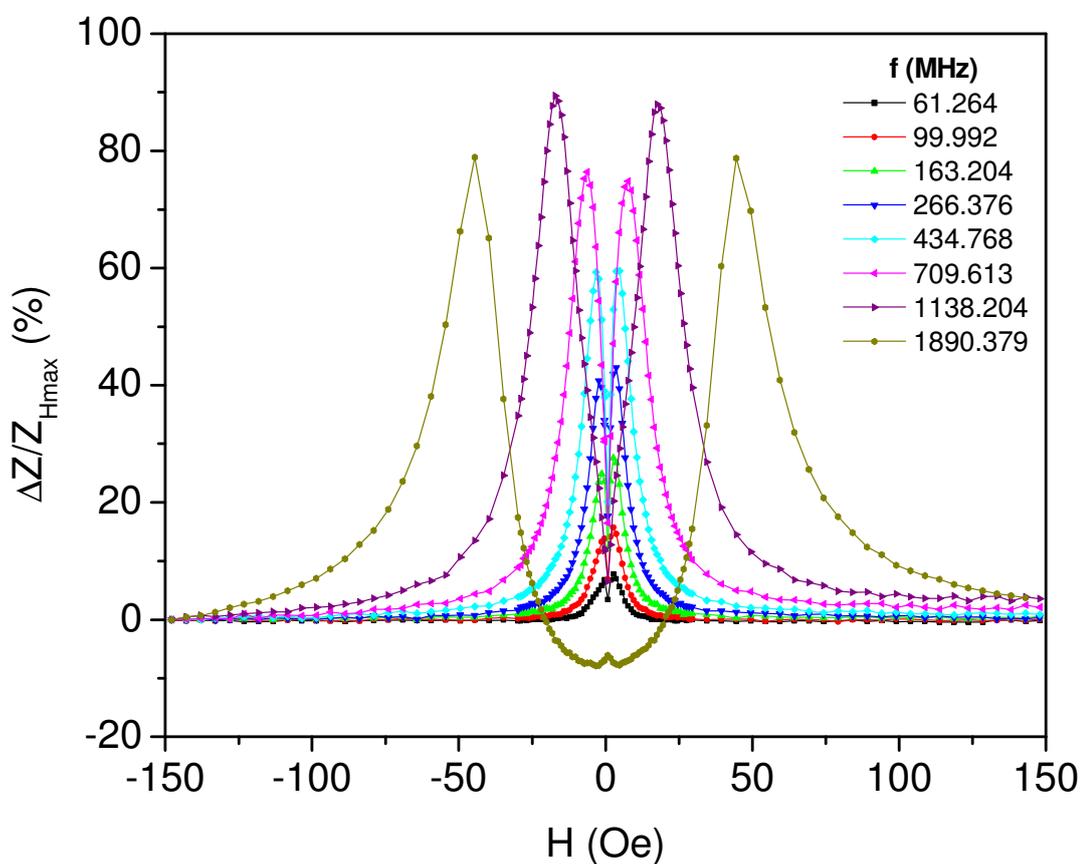


Figura 4-133. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Cu(25Å)]x30 com corte transversal.

O mapa de cores da Figura 4-134 mostra nitidamente uma estrutura na forma de W para a relação de dispersão. Essa estrutura pode ser confirmada na Figura 4-135 da relação de dispersão experimental.

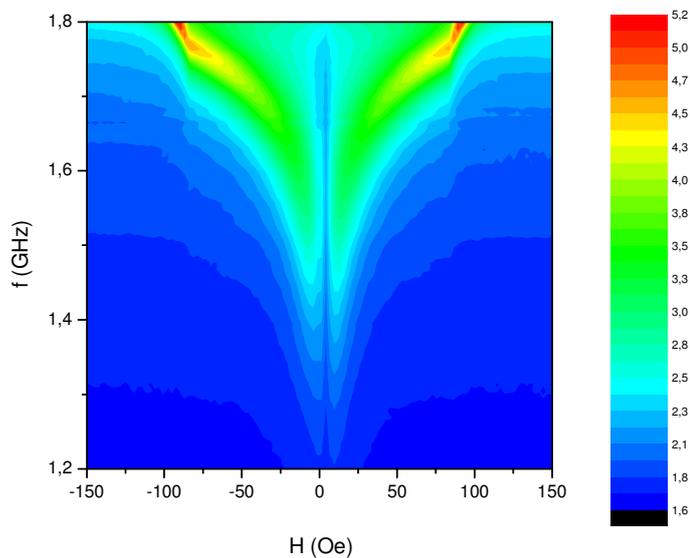


Figura 4-134. Mapa de cores $f \times H \times R$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte transversal.

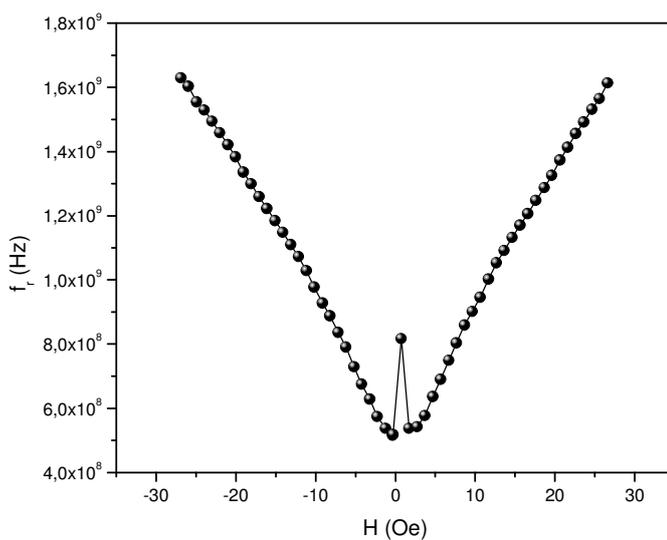


Figura 4-135. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte transversal.

Na Figura 4-136 pode-se notar a coincidência dos picos de valores máximos da resistência com a passagem pelo zero pela reatância, principalmente nas frequências mais altas. As curvas da resistência e da reatância apresentam a estrutura de picos duplos para todas as frequências apresentadas.

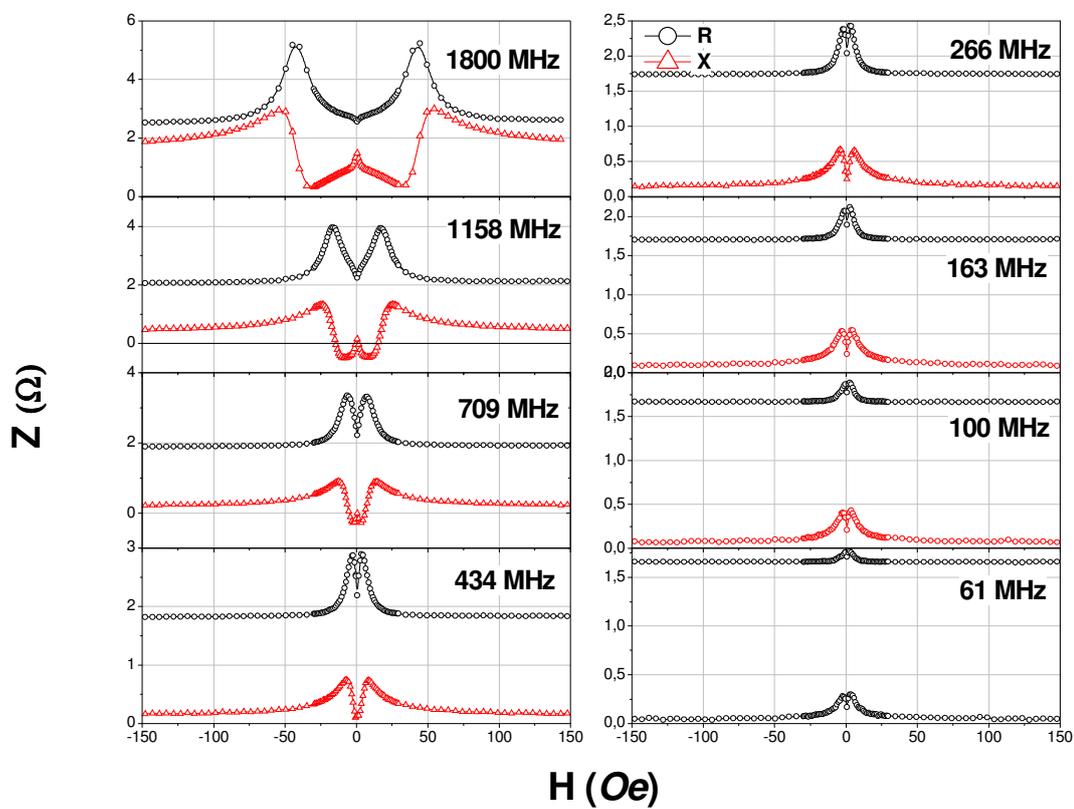


Figura 4-136. Curvas de Z x H , para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 30}$ com corte transversal.

Nas próximas oito figuras são mostrados os resultados de MI para amostras com 50 bicamadas. Na Figura 4-137 as curvas de MI x H são mostradas para a amostra com corte longitudinal. Uma estrutura de pico único foi observada nas curvas com frequências mais baixas, até 434MHz. Nas frequências mais elevadas, uma estrutura de picos duplos e bem definidos é observada e para a frequência de 1.1GHz acontece a máxima razão MI, em torno de 126%.

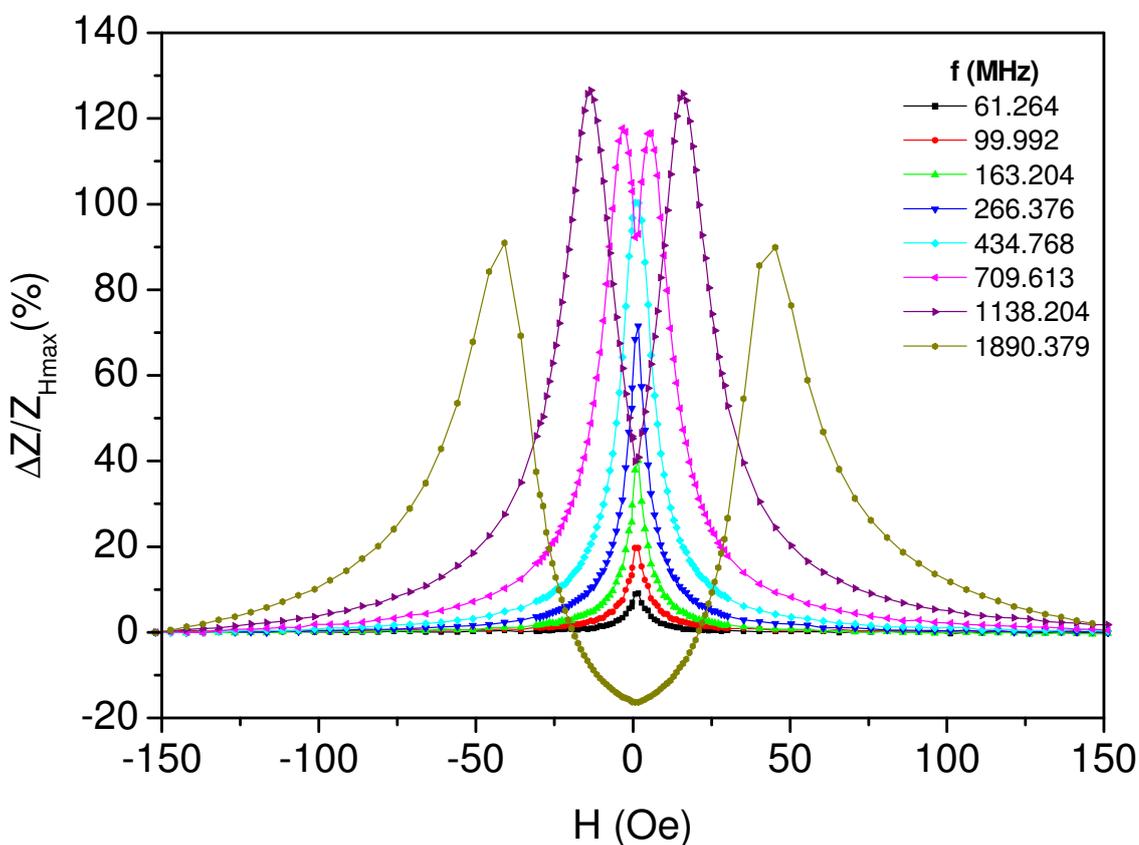


Figura 4-137. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Cu(25Å)]x50 com corte longitudinal.

Na Figura 4-138 o mapa de cores para a amostra com corte longitudinal mostra uma estrutura na forma de V para a relação de dispersão, a qual pode ser confirmada na Figura 4-139 da relação de dispersão experimental.

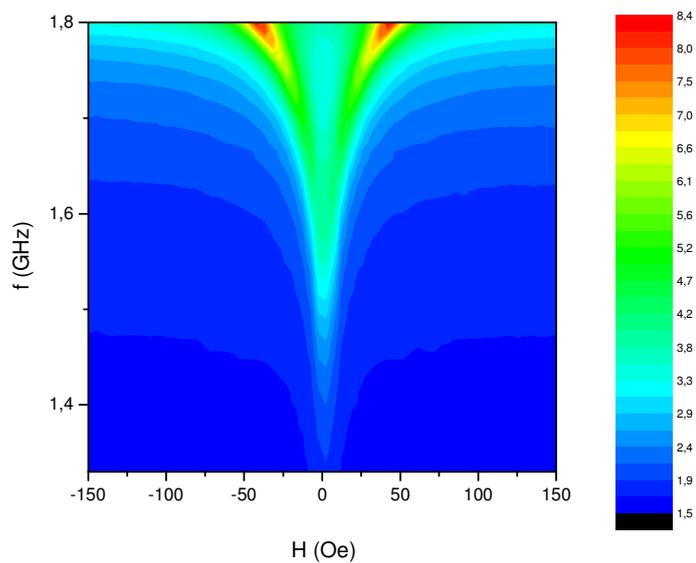


Figura 4-138. Mapa de cores $f \times H \times R$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte longitudinal.

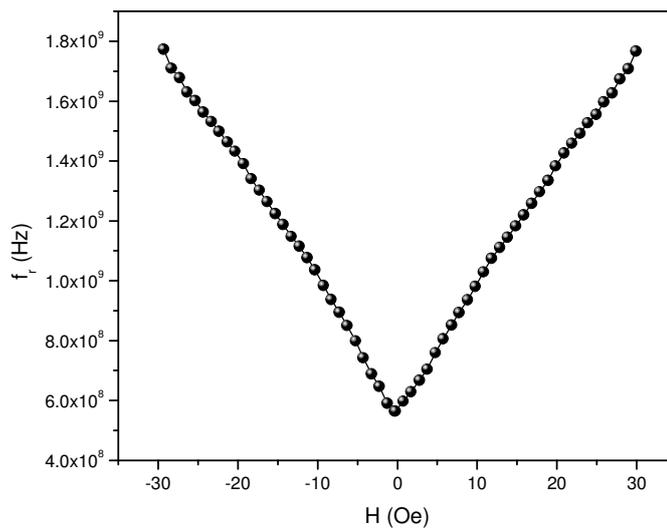


Figura 4-139. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte longitudinal.

Espectros de $Z \times H$ são mostrados na Figura 4-140, onde se tem as partes real (resistiva) e imaginária (reativa) da impedância versus campo magnético aplicado para as oito frequências apresentadas. Pode-se perceber a coincidência dos picos de resistência com a passagem pelo zero da reatância, principalmente nas frequências mais altas.

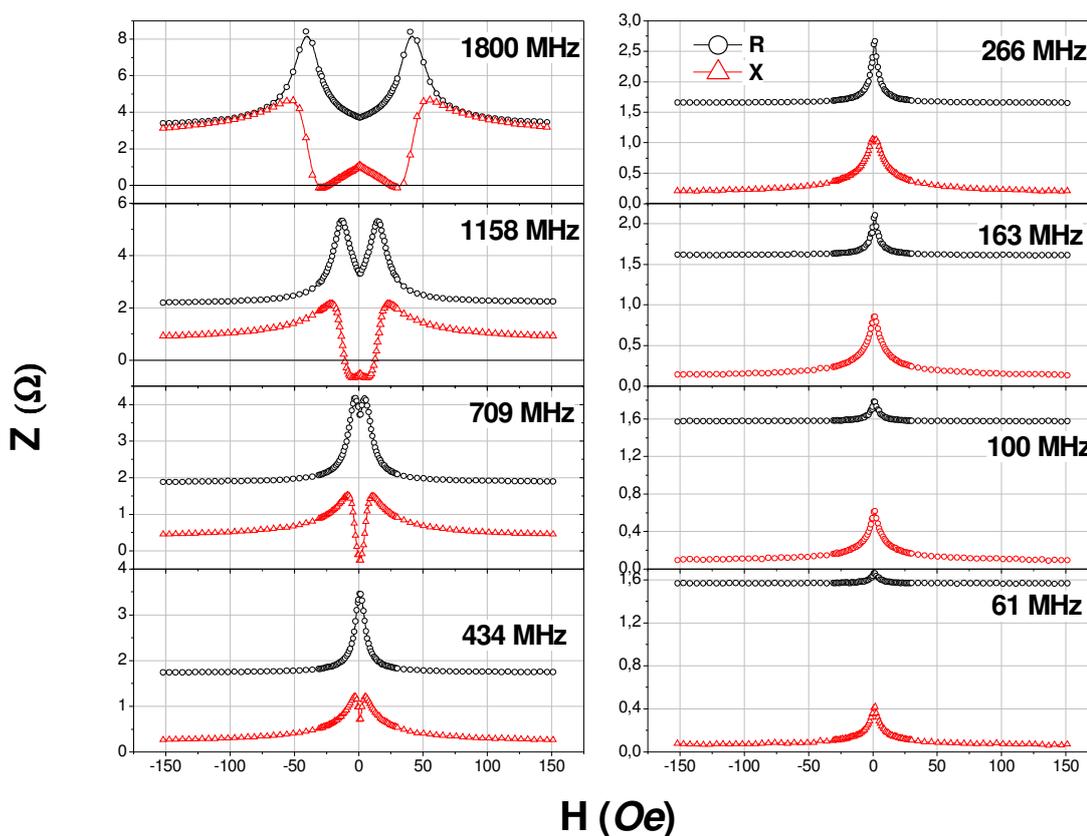


Figura 4-140. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{x50}$ com corte longitudinal.

Nas próximas quatro figuras são mostrados os resultados de MI para as mesmas amostras anteriores, porém com corte transversal, ou seja, magnetização ao longo do eixo fácil. Na Figura 4-141 são mostradas as curvas de MI x H, nas quais se pode notar que a estrutura apresentada foi de picos duplos bem definidos para todas as frequências apresentadas. Na frequência de 1.1GHz tem-se a maior razão MI, em torno de 131%, o qual está bem próximo da razão obtida na amostra com corte longitudinal.

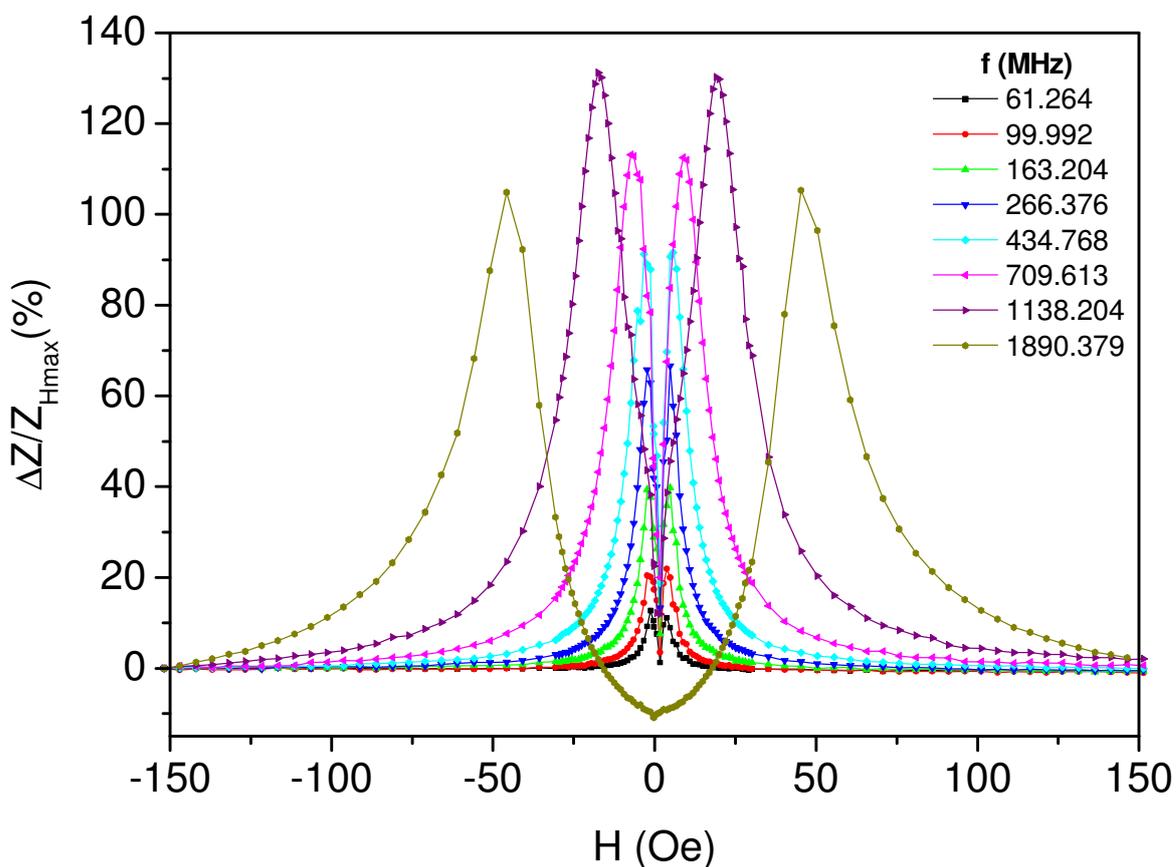


Figura 4-141. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Cu(25Å)]x50 com corte transversal.

Na Figura 4-142 o mapa de cores mostra uma estrutura em W para a relação de dispersão. Essa estrutura é confirmada na Figura 4-143 da relação de dispersão experimental.

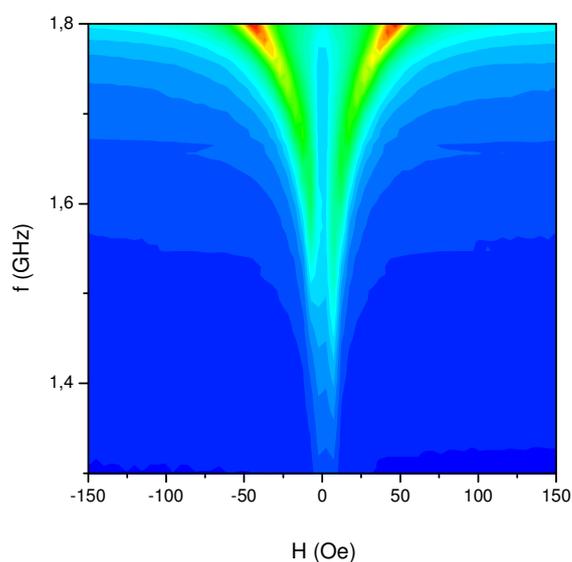


Figura 4-142. Mapa de cores $f \times H \times R$ para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte transversal.

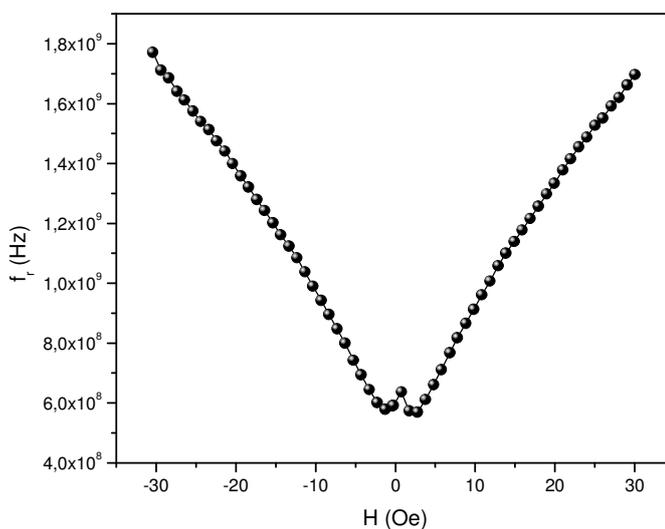


Figura 4-143. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{\times 50}$ com corte transversal.

Na Figura 4-144 estão mostradas as curvas de $Z \times H$, onde pode-se perceber a coincidência dos valores máximos da resistência com a passagem pelo zero da reatância, principalmente nas frequências mais altas.

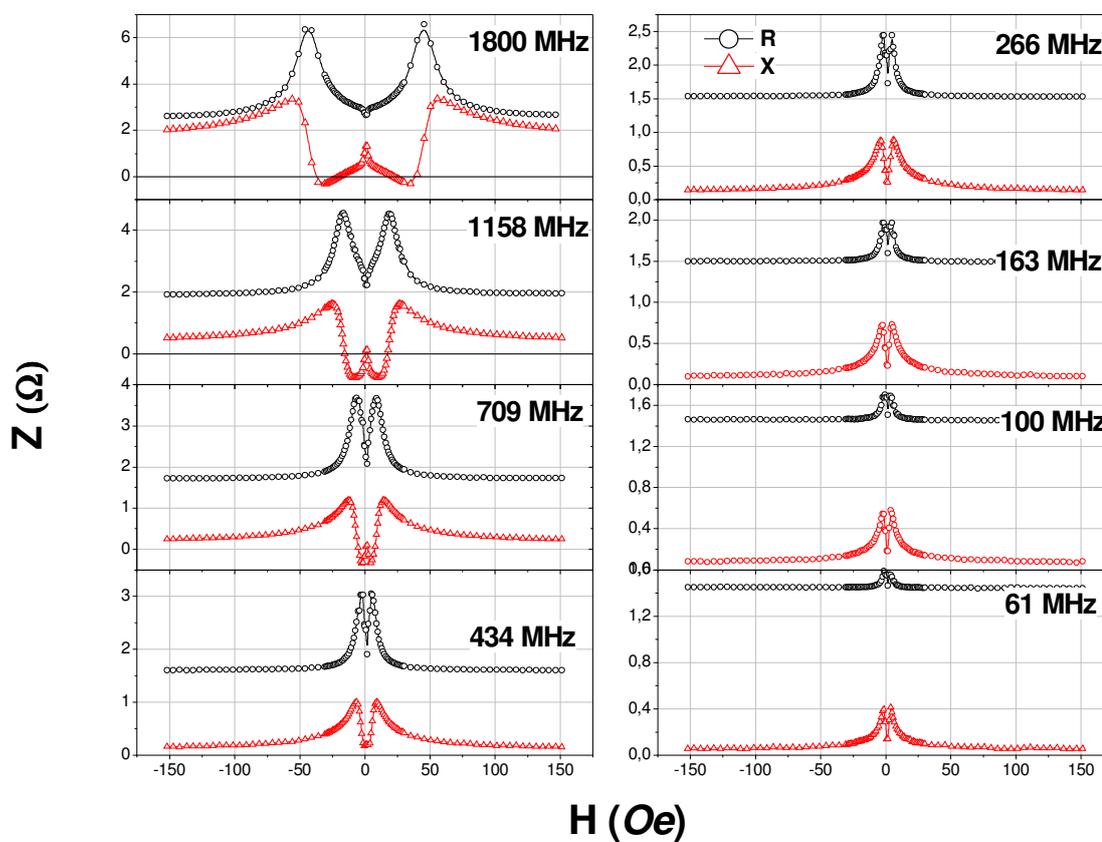


Figura 4-144. Curvas de $Z \times H$, para as várias frequências, da amostra $[\text{Py}(100\text{\AA})/\text{Cu}(25\text{\AA})]_{x50}$ com corte transversal.

Nas próximas oito figuras são mostrados os resultados de MI para amostras com a mesma composição anterior e com 70 bicamadas. Na Figura 4-145 as curvas de MI x H são mostradas para a amostra com corte longitudinal. Uma estrutura de pico único foi observada nas curvas com frequências mais baixas, até 434MHz, como a amostra anterior com 50 bicamadas. Acima desse valor de frequência, uma estrutura de picos duplos e bem definidos é observada e para as frequências de 709MHz e 1.1GHz acontecem as máximas razões MI, em torno de 184%. Os valores negativos da razão MI se devem à falta de saturação magnética da amostra naquela frequência de 1.8GHz.

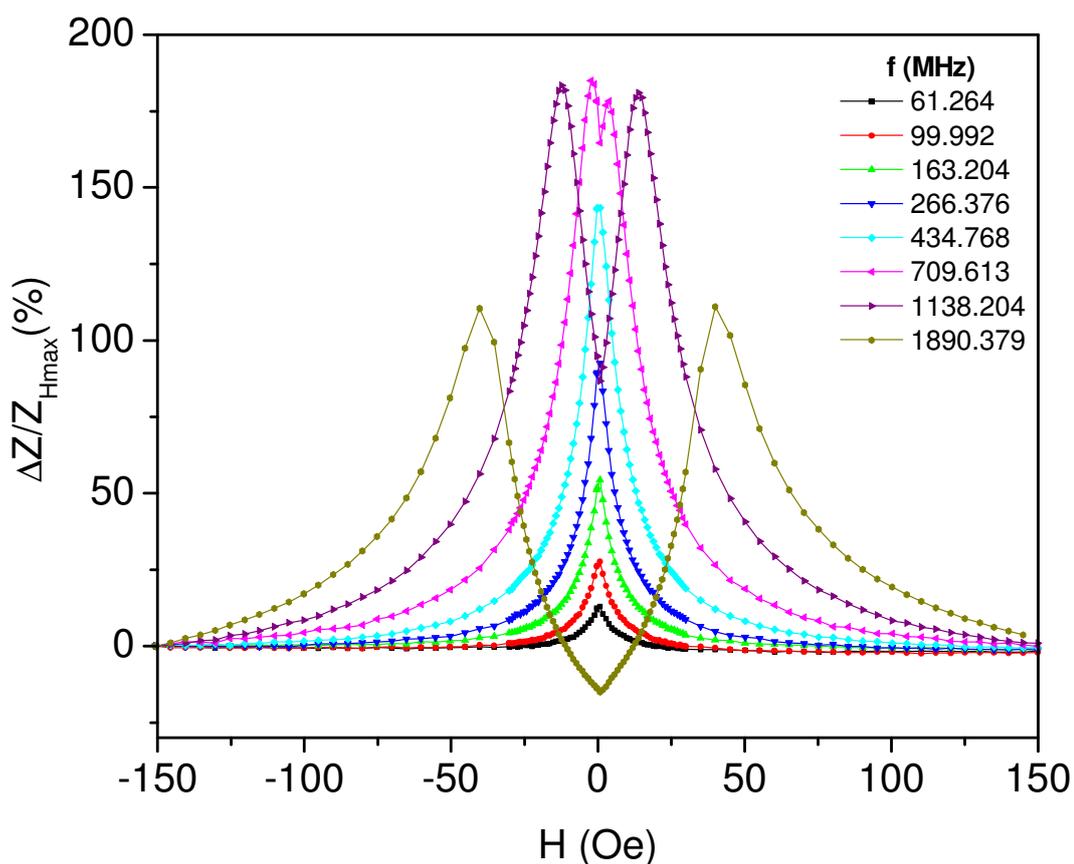


Figura 4-145. Curvas de MI x H para a amostra [Py(100Å)/Cu(25Å)]x70 com corte longitudinal.

O mapa de cores da Figura 4-146 mostra uma estrutura em V para a relação de dispersão, a qual pode ser confirmada na Figura 4-147 da relação de dispersão experimental.

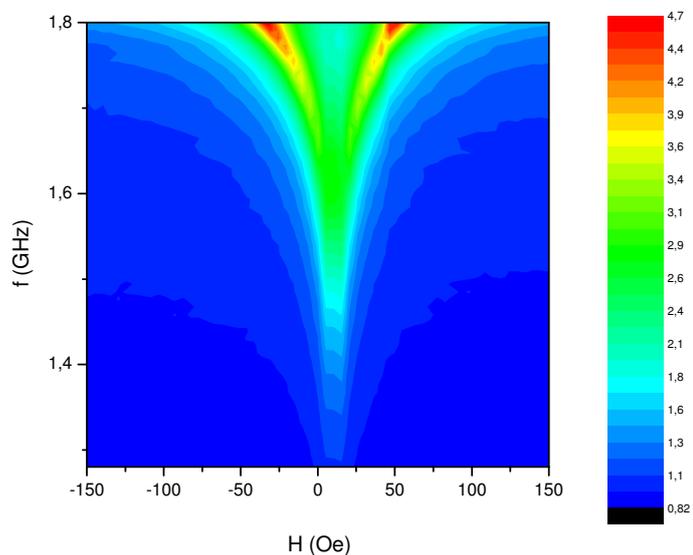


Figura 4-146. Mapa de cores $f \times H \times R$ para a amostra [Py(100Å)/Cu(25Å)]x70 com corte longitudinal.

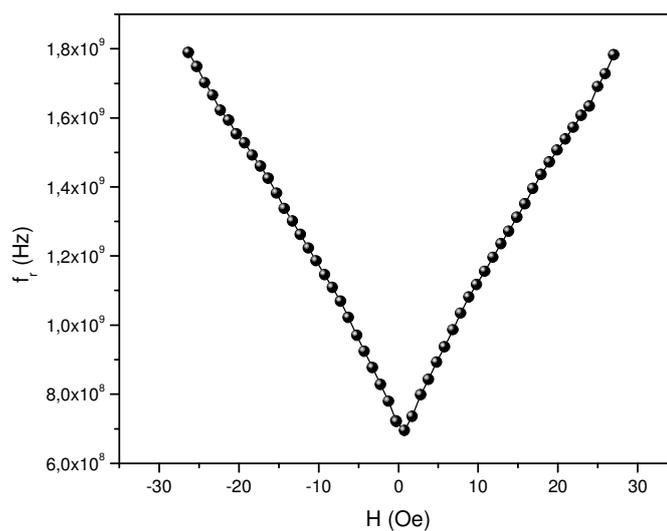


Figura 4-147. Relação de dispersão obtida experimentalmente para a amostra [Py(100Å)/Cu(25Å)]x70 com corte longitudinal.